

# RAZFE

RK 613.300 I

PROTEZIONE DISTANZIOMETRICA AD INTERVENTO RAPIDO  
PER LINEE AD ALTA ED ALTISSIMA TENSIONE,  
AEREE ED IN CAVO

---

## Generalità

Il relé di tipo RAZFE é una protezione completa di tutte le parti necessarie per la misura di guasti monofasi, bifasi, bifasi a terra e trifasi.

La possibilità di scatto uni o tripolare é sempre inclusa

Quando il relé é usato in sistemi di teleprotezione é possibile montare i componenti di interfaccia all'interno del relé stesso.

Il relé é costruito secondo il sistema COMBIFLEX ed ha dimensioni 12S (533 mm.) per 19 pollici (482 mm.).

RAZFE usa il principio del compensatore per ricavare segnali analogici che sono poi utilizzati da circuiti digitali.

I segnali analogici vengono convertiti in onde quadre, la cui fase viene determinata da circuiti logici sequenziali, attivati dagli stessi segnali.

Il relé é dotato di selettore di fase, da cui la sua capacità di comandare l'apertura dell'interruttore unipolare o tripolare.

Il relé ha più caratteristiche, ciascuna ottimizzata per misurare i vari guasti.

00 00

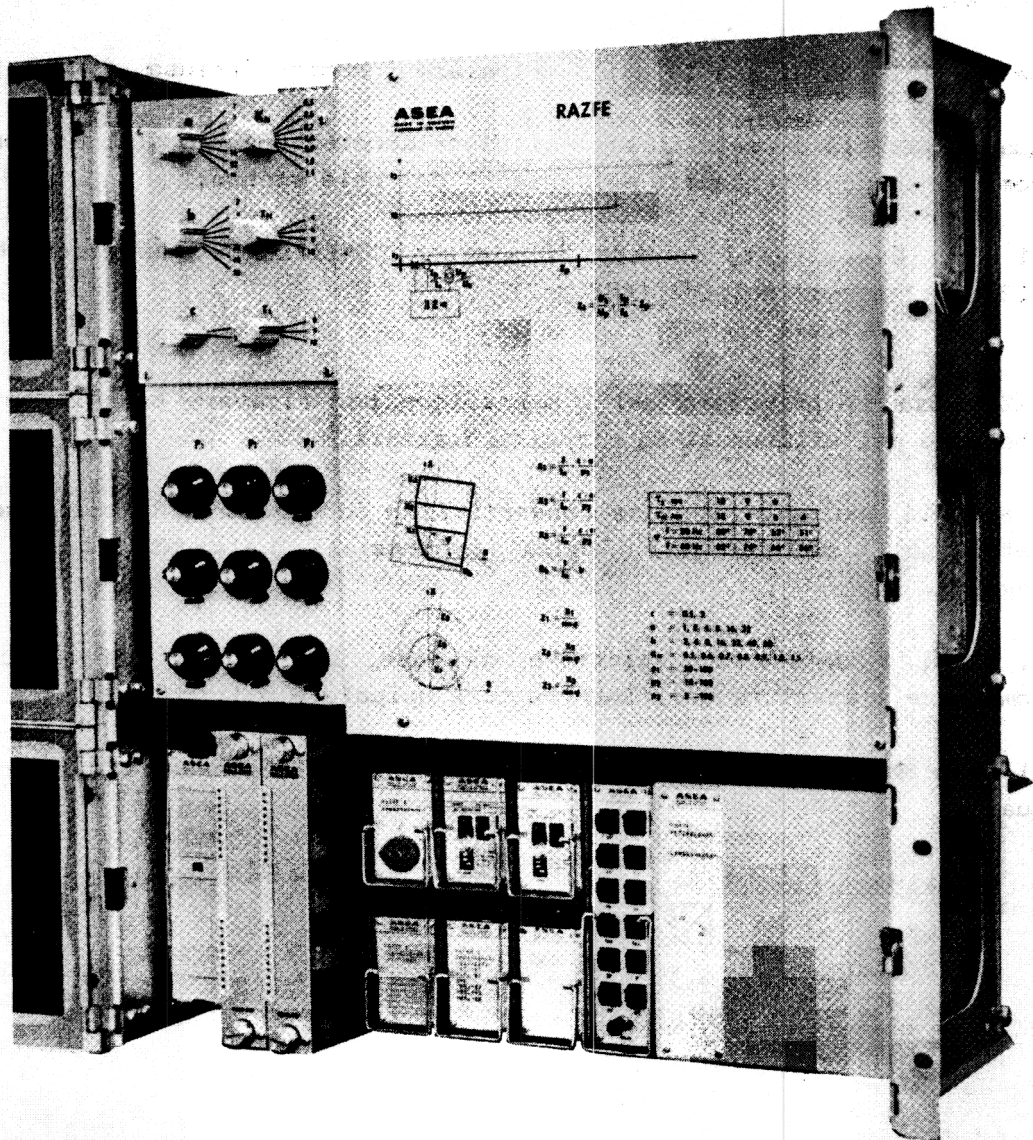


Fig. 1 Relé tipo RAZFE

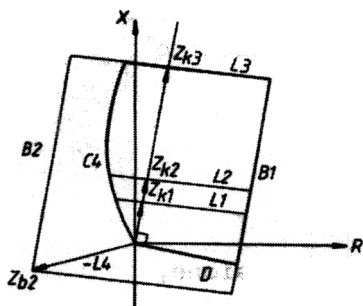


Fig. 2 (a)

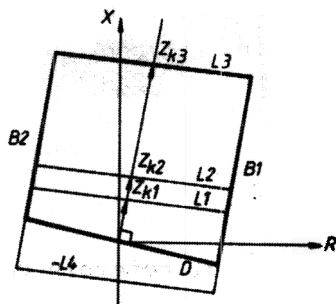


Fig. 2 (b)

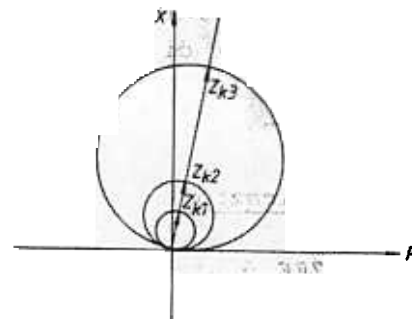


Fig. 2 (c)

Fig. 2 (a) Caratteristica per guasti monofasi a terra.

Fig. 2 (b) Caratteristica di misura per guasti fase-terra

Fig. 2 (c) Caratteristica di misura per guasti bifasi

La fig. 2 (a) mostra le caratteristiche L1, L2, L3 usate per guasti a terra, esse sono del tipo a reattanza.

La tecnica usata per ottenere queste caratteristiche riduce di molto l'errore transitorio di allungamento della misura.

Purché gli altri parametri lo consentano, é perciò possibile tarare il 1° gradino fino al 90% della linea protetta.

Per guasti trifasi vengono in parte utilizzate le caratteristiche sopracitate, mentre un circuito di memoria permette il corretto funzionamento anche nel caso di guasti ravvicinati.

La caratteristica di misura per guasti trifasi é riportata in fig.2(b).  
Notare la mancanza della curva C4.

La fig. 2 (b) illustra la caratteristica di tipo mho per la misura di guasti bifasi.

Ambo le caratteristiche sono adatte alla protezione di linee sia lunghe che corte.

Ad esempio RAZFE può essere tarato a 0.05 ohm secondari mantenendo sempre una sensibilità massima pari al 10% della corrente nominale. Per linee lunghe, la stessa caratteristica con linee limitatrici, permette una eccellente discriminazione dal carico.

Inoltre un relé di blocco nel caso di pendolazioni del sistema viene fornito come opzionale in ogni protezione.

RAZFE é dotata dei circuiti logici atti a determinare la fase guasta. Il tempo di intervento tipico in 1° gradino é 20 ms (relé discatto inclusi).

### Applicazioni

RAZFE é stato progettato per linee di notevole capacità di trasmissione, dove si può trarre vantaggio dalle sue caratteristiche di rapidità affidabilità e discriminazione dal carico. Il relé ha tuttavia caratteristiche particolari adatte ad una vasta gamma di linee e situazioni.

Applicazioni tipiche sono:

#### 1 Linee lunghe

Nella protezione di linee lunghe i parametri più importanti sono di solito la sensibilità e la capacità di carico.

RAZFE, con la sua caratteristica a reattanza con discriminatori di carico (blindings), riduce al minimo tali limitazioni.

Taratura di reattanza fino a 12.80 ohm é resa possibile dalle linee limitatrici, che sono tarabili in modo indipendente, e da una sensibilità del 10% della corrente nominale (opzionale). La sensibilità standard é del 20% di  $I_n$ .

#### 2) Linee brevi

Di solito le limitazioni derivano dalla resistenza d'arco e dalla minima tensione operativa.

RAZFE ha una taratura minima di 0.05 ohm. Le rette limitatrici possono essere tarate indipendentemente fino a 10 ohm resistivi, il che copre una notevole percentuale di guasti resistivi.

La tensione di guasto può essere zero, sulla fase guasta, senza infirmare la capacità del relé di operare correttamente.

Ciò deriva dall'uso della tensione tra le fasi sane per polarizzare le unità direzionali di impedenza, e dall'uso di un circuito di memoria per mantenere la direzionalità per guasti trifasi.

### 3) Linee in cavo

Le linee in cavo hanno molte delle caratteristiche delle linee brevi, a causa della loro bassa impedenza.

Si deve inoltre tener conto del valore piuttosto basso del rapporto X/R.

RAZFE può essere tarato per valori minimi di X/R pari a 1.88 per guasti polifasi a 1.26 per guasti a terra.

### 4) Linee a più terminali

Le solite limitazioni delle protezioni distanziometriche per questi tipi di linee valgono anche per RAZFE.

Tuttavia, in alcuni casi, queste limitazioni possono essere ridotte dal fatto che le tarature di reattanza e resistenza sono ora indipendenti.

### 5) Scatto unipolare.

RAZFE è dotato di logica statica per questa applicazione.

La logica necessaria per ogni combinazione desiderata di scatto uni e tripolare per guasto iniziale, richiusura su guasto, e localizzatore del guasto nel 1°, 2° o 3° gradino è sempre inclusa in RAZFE.

Nel caso di scatti unipolari e, quando vi sia la possibilità di sosten-tamento dell'arco a causa dell'accoppiamento con le fasi sane, è possibile fornire funzioni addizionali che riconnettano le reattanze shunt tra le fasi in modo da estinguere tali correnti.

### 6) TV capacitivi

Le prestazioni in regime transitorio dei TV capacitivi possono influen-zare negativamente il funzionamento di molti relé distanziometrici.

RAZFE è dotato di filtri attivi che sopprimono i transitori dovuti ai TV capacitivi, ma solo quando e nella misura necessaria.

Per questo il tempo di intervento è prolungato di qualche millisecondo, ma solo per alcuni guasti ravvicinati e deboli.

Tale filtro non richiede tarature, in quanto non è legato alle caratte-ristiche di un TV particolare.

## 7) Precisione di misura

RAZFE può essere usata quando sia necessario misurare l'impedenza accuratamente.

La precisione di RAZFE è dovuta alle seguenti ragioni:

- a) La replica dell'impedenza di sequenza zero è una impedenza complessa ( $R + jX$ ) il cui angolo è tarabile separatamente da quello della replica dell'impedenza di sequenza positiva.  
Ciò permette una misura più precisa dei guasti a terra.
- b) L'allungamento transitorio è trascurabile a tutti gli angoli di guasto, non solo all'angolo di taratura.
- c) L'allungamento dovuto all'influenza della resistenza d'arco, attraversata dalla corrente proveniente dall'altro estremo della linea, è praticamente eliminato dall'inclinazione di  $6^\circ$  della caratteristica di reattanza e dalla taratura ben definita in direzione resistiva.
- d) L'errore di allungamento, causato dai fenomeni transitori associati ai TV capacitivi, è eliminato senza alcun aumento apprezzabile del tempo di intervento mediante l'uso di un filtro attivo e logica statica.
- e) Le prestazioni richieste ai TA sono minime, avendo il relé un consumo di 0,5 VA/fase. Il fattore dominante sarà quindi di solito rappresentato dal consumo della cavetteria.  
L'eventuale saturazione dei TA, in caso di guasti ravvicinati, avrà un effetto minimo sul funzionamento del relé.

## 8) Altre applicazioni

## a) Chiusura su guasto.

RAZFE è predisposto per ricevere segnali esterni (ad es. contatto ausiliario del manipolatore di chiusura) per escludere temporaneamente l'elemento direzionale.

Ciò assicura lo scatto quando si abbiano TV sul lato linea, e si chiuda l'interruttore su un guasto metallico trifase ai terminali dello stesso interruttore.

Nel caso in cui la linea fosse già in servizio, il corretto funzionamento del relé per guasto trifase prossimo ai TV é invece assicurato dai circuiti di memoria.

b) Sorgenti deboli

RAZFE ha una sensibilità massima del 10% della corrente nominale. Ciò é di solito sufficiente per applicazioni con correnti di guasto limitate, quali si verificano ad es. nel caso di linee a più terminali. Il relé é inoltre capace di operare con continuità con corrente pari a 3 volte la corrente nominale.

E' possibile avere correnti nominali di 1, 2 o 5A.

Quindi l'effettiva sensibilità può essere ulteriormente aumentata usando un relé da 2 A su TA da 5 A nominali. In tal caso é però necessario verificare che le limitazioni imposte dalla massima corrente di cortocircuito e dal carico siano rispettate, prima di applicare un relé con corrente nominale inferiore a quella dei TA.

c) Linee con trasformatori derivati

RAZFE misura correttamente guasti polifasi sul secondario di un trasformatore derivato direttamente dalla linea.

La connessione stella-triangolo o triangolo-stella non modifica l'impedenza oltre il trasformatore vista dal relé.

E' naturalmente necessario considerare il contributo alla corrente di guasto dell'altra estremità della linea.

Quando il secondario del trasformatore non sia messo a terra franco, guasti fra fase e terra saranno visti come guasti di scarsa entità da tutti i relé.

d) Rapporti TA insoliti

RAZFE può essere fornito per correnti nominali di 1, 2 o 5A.

Numerosi problemi di applicazione possono essere risolti usando una corrente nominale di 1 o 2 A, ad esempio:

1) Lunghi cavi amperometrici

Quando la disposizione della sottostazione porta ad una lunghezza eccessiva dei cavi previsti per 5 A, si può specificare un rapporto TA maggiore e scegliere un relé da 1 o 2 A. Il consumo dei cavetti é ridotto in proporzione al quadrato della riduzione della corrente nominale.

## 2) Riduttori di corrente con basso rapporto spire.

Quando sia richiesto in un sistema ad alta tensione un terminale debole (ad es. una piccola stazione di trasformazione derivata); può essere opportuno usare dei TA con rapporto molto basso. Sovente le prestazioni di tali TA sono insufficienti.

Usando una corrente secondaria di 1 o 2A si aumenta il numero di spire secondarie di 5 o 2,5 volte, con relativo miglioramento delle prestazioni del TA.

In tal caso si userà naturalmente un relé da 1 o 2 A.

## e) Protezioni con telepilotaggio

RAZFE può essere usato con sistemi di comunicazione ad onde convogliate, microonde o filo pilota, per garantire scatto istantaneo per tutti i guasti nella zona protetta.

RAZFE è adattabile a tutti gli schemi di telepilotaggio comunemente usati.

## f) Circuiti con impedenza di sequenza zero elevata.

Linee senza funi di guardia o, in generale, quando  $Z_0$  è molto maggiore di  $Z_1$  e  $Z_2$  possono essere efficacemente protette con RAZFE.

Il fattore di compensazione di sequenza zero permette di compensare fino ad un rapporto  $Z_0/Z_1 = 4,3$ .

## g) Circuiti multipli con accoppiamento mutuo di sequenza zero

In questo caso è sufficiente prendere la normale precauzione di ridurre la taratura per guasti a terra, con taratura inalterata per i guasti polifasi.

## h) Linee con reattanze shunt.

Le reattanze shunt non causano problemi di protezione addizionali. La protezione principale di tali reattanze può essere realizzata con altri relé ASEA RADHA, RADSS o RADSB.



DESCRIZIONE

RAZFE é realizzato nel sistema COMBIFLEX ed occupa 12 S (circa 533mm) unità in verticale ed é previsto per il montaggio in rack standard da 19 pollici (circa 482 mm).

Il relé é mostrato in Fig. 1 mentre la disposizione dei componenti é secondo Fig. 3a e 3b.

Fig. 4a mostra una vista dal retro, mentre Fig. 4b mostra alcuni dettagli costruttivi dietro la piastra frontale.

I 2/3 superiori sono occupati dai trasformatori di ingresso, dalla impedenza replica e da altri componenti analogici, oltre ai dispositivi di taratura, visibili in dettaglio in Fig. 4c.

Nella parte superiore destra troviamo i circuiti stampati a scheda. Questi circuiti sono in parte di tipo digitale e di sequenza logica (SLC). Come verrà spiegato in seguito la maggior parte delle misure importanti é fatta analizzando la sequenza con cui i vari segnali passano per lo zero.

Il terzo inferiore comprende i relé di interfaccia, uscita, temporizzatori, presa di prova, relé a cartellino e convertitore cc/cc. Tutta la cavetteria esterna viene connessa a questa parte del relé.

La piastra frontale (Fig. 1) reca incise le formule per tarare il relé. I dispositivi di taratura svolgono le seguenti funzioni:

- "a" (In alto a sinistra). Taratura grossolana della reattanza di linea di sequenza positiva. Vi sono sei prese su un TV chiamate 1,2,4,8,16,32 e (infinito).
- "b" (Centro, a sinistra). Taratura della resistenza di linea di sequenza zero. Anche questa é realizzata con sette prese su un TV, chiamate 2,4,8,16,32,40 e 50.
- "c" (In basso a sinistra). E' un selettore che permette di commutare le due sezioni dell'impedenza replica della linea. Ha due posizioni 0.5 e 2.
- "K"  
N (In alto a destra). Permette di aumentare la taratura di sequenza zero rispetto a quella di sequenza positiva. Vi é un TA ausiliario con prese segnate 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 e 1.1.

La relazione tra  $K_N$  e l'impedenza del sistema é data da

$$K_N = \frac{X_0 - X_1}{3 X_1} \quad \text{dove}$$

$X_0$  e  $X_1$  sono le reattanze (al secondario) di sequenza zero e positiva della linea da proteggere, espresse in ohm secondari.

" $\tau_N$ " (Centro a destra). Permette di tarare l'angolo di fase della impedenza replica nel neutro, per una misura accurata dei guasti a terra. E' costituita da un selettore a 4 posizioni ed una resistenza con prese. La taratura é in millisecondi, secondo la costante di tempo  $L/R$  della linea, come da tabella 1 per 50 Hz.

La taratura dipende sia dai valori di sequenza zero che da quelli di sequenza positiva, cioé:

$$\tau_N = \frac{L_0 - L_1}{R_0 - R_1}$$

di sequenza  
positiva

#### TABELLA 1

Taratura della costante di tempo, 50 Hz

$\tau_N$ (msec.)	18	9	6	4
$\varphi$ (angolo)	80°	70°	62°	52°
X/R	5.65	2.83	1.88	1.26

" $\tau_k$ " (In basso a destra). L'angolo di fase dell'impedenza di sequenza positiva della linea é tarato a mezzo di un selettore con 3 posizioni.

E' tarato in millisecondi, come  $\tau_N$ . Vale sempre la tabella 1, con l'eccezione del valore 4 msec., che manca.

Sotto a questi selettori troviamo 9 potenziometri segnati  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  (da sin. a destra). Sono usati per la taratura del  $1^\circ$ ,  $2^\circ$  e gradino.

Dall'alto verso il basso questi potenziometri appartengono alle fasi R, S e T.

Questi potenziometri a 10 giri servono a fare la taratura esatta dei gradini di reattanza, agendo sull'impedenza replica.

I campi di regolazione sono:

$p_1$	50, 51, 52 . . . . .	99
$p_2$	10, 11, 12 . . . . .	99
$p_3$	5, 6, 7 . . . . .	99

Le tarature sopracitate sono legate alla taratura della componente reattiva di sequenza positiva, per tutti i tipi di guasto, da:

$$X_1 = \frac{f}{I_n} \times \frac{c \times a}{p_1} \quad \text{ohm/fase}$$

dove  $f$  é la frequenza di rete  $I_n$  la corrente nominale del relé, che può essere 1A, 2A o 5A.

$X_1$  può quindi essere tarato da 0.05 a 12.8 ohm per un relé da 5A

La taratura della componente resistiva (di sequenza positiva) in aggiunta a quella derivante dall'impostazione dell'angolo di  $\tau_k$ , é data da:

$$R_b = \frac{b}{I_n}$$

variabile da 0.4 - 10 ohm per relé da 5A.

Dietro la piastra frontale sono ubicate 10 schede e 4 connettori. Una tipica scheda é visibile in Fig. 5a e 5b.

Le schede hanno le funzioni seguenti:

- | N°  | Funzione  |
|-----|---|
| B1  | Conversione analogico-digitale (onda quadra) dei segnali usati nella misura dei guasti bifasi.<br>Su questa scheda si trova anche un trasformatore con 9 secondari.<br>La scheda é alimentata a 24 Vca (onda quadra) fornita dall'alimentatore.   |
| B2  | Conversione analogico-digitale (onda quadra) dei segnali usati per la misura dei guasti monofasi e trifasi.   |
| 132 | B3 Simile a B2  |
| 134 | B4 Comparatori d'ampiezza, temporizzatori etc. utilizzati per controllo e supervisione.   |
|     | B5 Comparatori di fase (circuiti logici di sequenza)  |
| 140 | B6 Circuiti duplicati per la misura simultanea  |
| 143 | B7 dei segnali nelle semionde positive e negative   |
| 146 | B8 Scheda per il controllo dei segnali (normalmente questa posizione é vuota).<br>Una scheda di prolunga ed una scheda di controllo di stato possono essere inserite in questa posizione, dopo aver rimossa la piastra frontale.<br>Ciò permette di seguire, per mezzo di diodi LED, lo stato dei vari segnali in 43 punti diversi mentre vengono elaborati dal relé.<br>Ciò é di grande aiuto durante le prove o per la ricerca di guasti. |
| 149 | B9 Circuiti logici che assicurano che le quantità più opportune vengano utilizzate nella misura dei guasti a terra. Questa scheda contiene anche gli amplificatori che comandano i relé di scatto, i cartellini ed i relé tele-allarme e indicazione.   |
| 152 | B10 Circuiti logici che assicurano che le quantità più opportune vengano usate nella misura dei guasti bi e trifase. Questa scheda contiene anche gli amplificatori che comandano i relé a cartellino e di tele-allarme e indicazione.  |

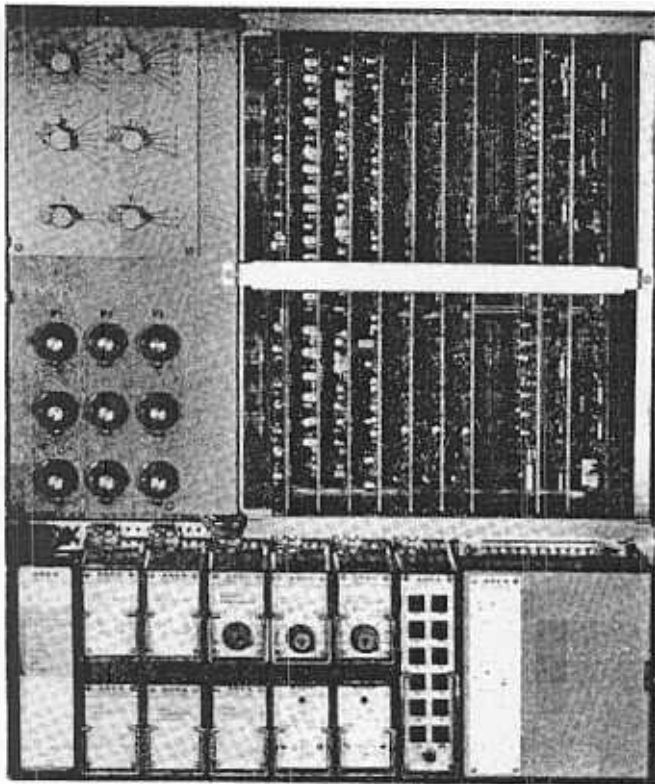
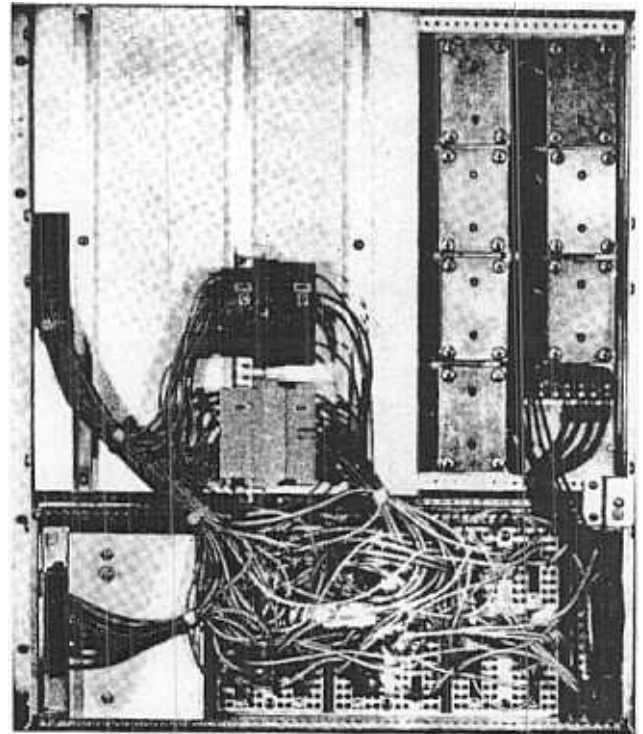


Fig.



4 (a).

101					126	132	137	143	149	156	
					224	129	134	140	146	152	258
					624						658
901	907	913	919	925	931	937	943				
	RXMT1	RXMT1	RXIED1	RXKB1	RXKB1						
RTXP18											RTQA 180
	1107	1113	1119	1125	1131			RXSK2H			
	RXMT1	RXMBB1	RXMBB1	RXMS1	RXMS1						

Fig. 3 (b).

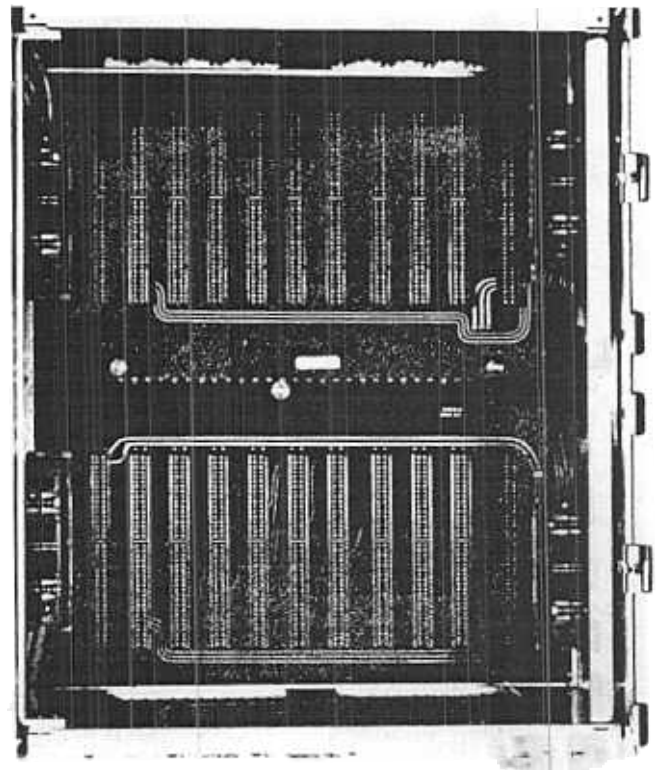


Fig. 4 (b).



Fig. 4 (c) Selettori e potenziometri di taratura

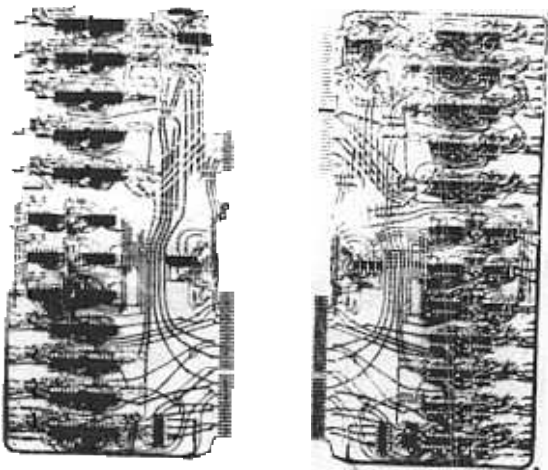


Fig. 5 Fronte (a) e retro fronte (b) di una scheda tipica

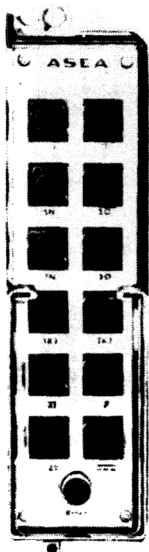


Fig. 6 RXSK2H, modulo indicatore 12 cartellini (ciascuno associato ad un relé di segnalazione con un contatto).

Pos. N° Funzione

B11 Relé di blocco contro le pendolazioni, relé di corrente di sequenza negativa (usato per mandare segnali di blocco in certi sistemi di tele-pilotaggio).

Circuiti di interfaccia del 1° e 2° gradino usati in sistemi di tele-pilotaggio a consenso.

Questa scheda può contenere inoltre dei circuiti selettori di fase da accoppiare ad un eventuale localizzatore di guasto.

- Connettori tipo RTXL, per i circuiti tra le schede ed i trasformatori di ingresso in pos. 101. 624

- Connettori tipo RTXL, per i circuiti tra le schede ed i relé nella parte inferiore del rack. 658

La parte inferiore del rack contiene i seguenti relé e componenti COMBIFLEX:

Presenza di prova tipo RTXP18.

Tutte le quantità in c.a. nonché i comandi di scatto sono intercettati dal RTXP18. Tutte le quantità ed i segnali di prova vengono applicati in questo punto (tuttavia alcuni collegamenti di interfaccia possono non passare per la presa di prova).

907,913,1107 Ogni relé tipo RXMT1 contiene due relé tipo dry-reed. Essi provvedono i contatti di scatto, di "avviamento", "avviamento tele-pilotaggio", più un contatto disponibile.

919 Il relé tipo RXIED1, costituito da un relé di corrente di terra (tempo di intervento 10 msec.) e 3 relé ausiliari (tempo di scatto 5 msec.) provvede una interfaccia tra le funzioni di avviamento delle fasi R, S, T ed un elemento di misura della corrente di sequenza zero. Il tutto può essere usato in connessione con localizzatori di guasto, registratori cronologici di eventi etc.

Relé cronometrico tipo RXKE1(0.02 - 99 sec) secondo gradino.

## N° Funzione

Relé cronometrico tipo RXKE1 0.02 - 99 sec. terzo gradino.

Relé a cartellino con 12 indicatori tipo RXSK2H, a ripristino manuale. Ogni cartellino é corredato di contatto di uscita per segnalazione a distanza (ved. fig. 6).

Due diodi tipo RTXE per attenuare le sovratensioni generate dai relé indicatori del 2° e 3° gradino. Essi sono montati dietro al relé RXSK2H.

Convertitore cc/cc tipo RTQA180.

Fornisce 3 tensioni continue, galvanicamente isolate e stabilizzate, più una tensione alternata per i circuiti elettronici, ed una tensione continua per comandare i relé di interfaccia e scatto.

Riassumendo

24 VCA

+ 24 VCC

+ 15 V, 0, - 15 V (3 sistemi di alimentazione separati).

1109 Tre diodi tipo RTXE, per attenuare le sovratensioni generate dai relé RXMT1.

RK 244 012. Relé ausiliario tipo RXMBB1 costituito da 2 relé tipo dry-reed. Uno per la ricezione di segnali di tele-pilotaggio, il secondo é disponibile. Inoltre vi sono 3 relé su circuito stampato (tempo di scatto 5 msec.) 2 usati nell'autorichiusura, il terzo disponibile.

1119 RK 244 011. Questa é un'altra versione del relé di tipo generico RXMBB1. E' costituito da 5 relé di tipo dry-reed (tempo di scatto 1 msec.) che provvedono l'interfaccia col sistema di tele-pilotaggio ed altre funzioni.

1125,1131 RXMS1.  
Relé ausiliario con 6 contatti per controllo dei cartellini ed altre funzioni definite caso per caso.

1121,1127 Diodi di blocco, usati quando la protezione é impiegata per scatto unipolare.



In aggiunta ai componenti di cui sopra, sul retro di RAZFE (fig. 4a) vi sono due paia di connettori tipo RTGX, designati X20 e X21. Le interconnessioni con l'interfaccia del tele-pilotaggio sono realizzate usando questi connettori.

N.B.

LA DESCRIZIONE DI CUI SOPRA E' GENERALE E DEVE PERCIO' ESSERE INTEGRATA DAI DISEGNI E SCHEMI FORNITI CON OGNI RELE'.

I N S T A L L A Z I O N E

Cablaggio esterno

La maggior parte del cablaggio esterno é terminata sul lato "A" della presa di prova RTXP18 in Pos. 901.

La fig. 7 mostra una tipica installazione.

Il positivo della batteria viene connesso al terminale 1, il negativo al terminale 18 della presa di prova.

I TA vengono connessi ai terminali 3-10, i TV ai terminali 11-14. I contatti di scatto delle fasi RST escono in posizione 15, 16, 17 rispettivamente.

Tutte queste connessioni sono realizzate con connettori da 20 A.

Le altre connessioni esterne che, di solito, devono essere aperte durante le prove, sono terminate direttamente sul retro dei singoli moduli e sono realizzate con connettori da 10 A. Queste connessioni sono riportate tratteggiate in fig. 7 e descritte qui di seguito;

- 1119 : 11 Ripristino a distanza dei cartellini
- 1119 : 12 Contatto ausiliario dell'interruttore predispone il relé a scattare in caso di chiusura su guasto (esclude temporaneamente l'elemento direzionale).
- 1119 : 14 Blocco relé. Permette di bloccare il relé, quando lo si voglia, dall'esterno.
- 1119 : 13 Conversione a scatto tripolare. Questo segnale proviene solitamente dal dispositivo di richiusura, ed é usato solo quando il relé sia per scatto unipolare.

I moduli 919 e 937 provvedono i contatti per le funzioni di allarme e segnalazione. Solitamente i contatti del modulo 119 sono usati per registratori di guasto, oscillografici etc.

Le funzioni dei vari contatti del modulo 919 sono:

- 919      23      Avviamento fase R
- 24      Avviamento fase S
- 27      Avviamento fase T
- 26      Avviamento per guasto a terra
- 28      Comune per l'applicazione della tensione di controllo

Il modulo 937 contiene gli indicatori a cartellino. Ogni cartellino é corredato di relé con un contatto di uscita con le seguenti funzioni:

- 937      115      Comune per l'applicazione della tensione di controllo
- 937      121      intervento RN
- 122      intervento SN
- 123      avviamento TN
- 324      intervento elementi per guasti bifase
- 325      intervento elementi per guasti trifase
- 124      intervento temporizzatore 2° gradino
- 326      intervento temporizzatore 3° gradino
- 327      intervento relé di blocco antipendolazioni
- 328      mancanza tensione continua
- 323      intervento relé di scatto finali
- 322      intervento in 2° gradino accelerato
- 321      intervento in 1° gradino

RAZFE viene normalmente fornito con il relé di blocco antipendolazione attivato. Il relé può essere disattivato connettendo un filo dalla posizione 8 A sul connettore X20D al punto 1113:18 o ad un altro punto conveniente con tensione continua zero. Ciò non modifica le altre funzioni espletate dalle rette limitatrici B 1 e B2. E' anche possibile comandare l'attivazione o meno del dispositivo antipendolante mediante contatti esterni.

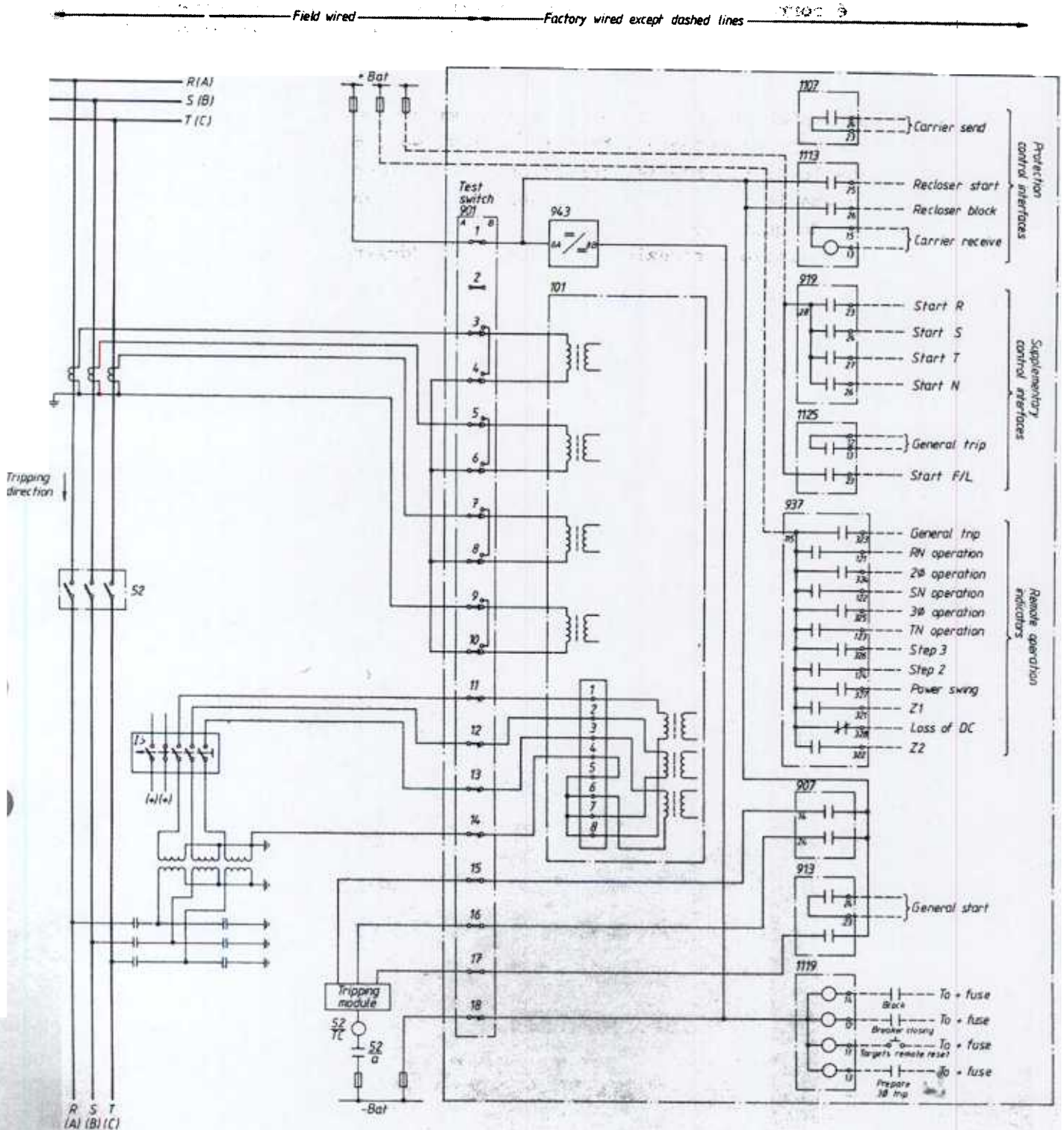


Fig. 7 Schema funzionale tipico. Per lo schema reale riferirsi ai disegni forniti con la protezione

Connessione a sistemi di telepilotaggio

RAZFE é corredato di tutti i dispositivi di interfaccia richiesti dai vari sistemi di telepilotaggio, ad es. a consenso, blocco o sblocco.

Le connessioni richieste dai vari sistemi vengono fatte sul connettore X20 sul retro del rack (ved. fig. 4a e 8a).

La tabella II riporta le connessioni richieste dai vari sistemi. Notare che le funzioni di invio segnale sono cablate indipendentemente da quelle di ricezione.

I relé di invio e ricezione sono del tipo "dry-reed".

## TAB. II

Interfaccia di telepilotaggio

Contatti di invio segnale telepilotaggio sempre su 1107:23 - 24

Bobina relé di ricezione sempre su 1113 : 13 - 15

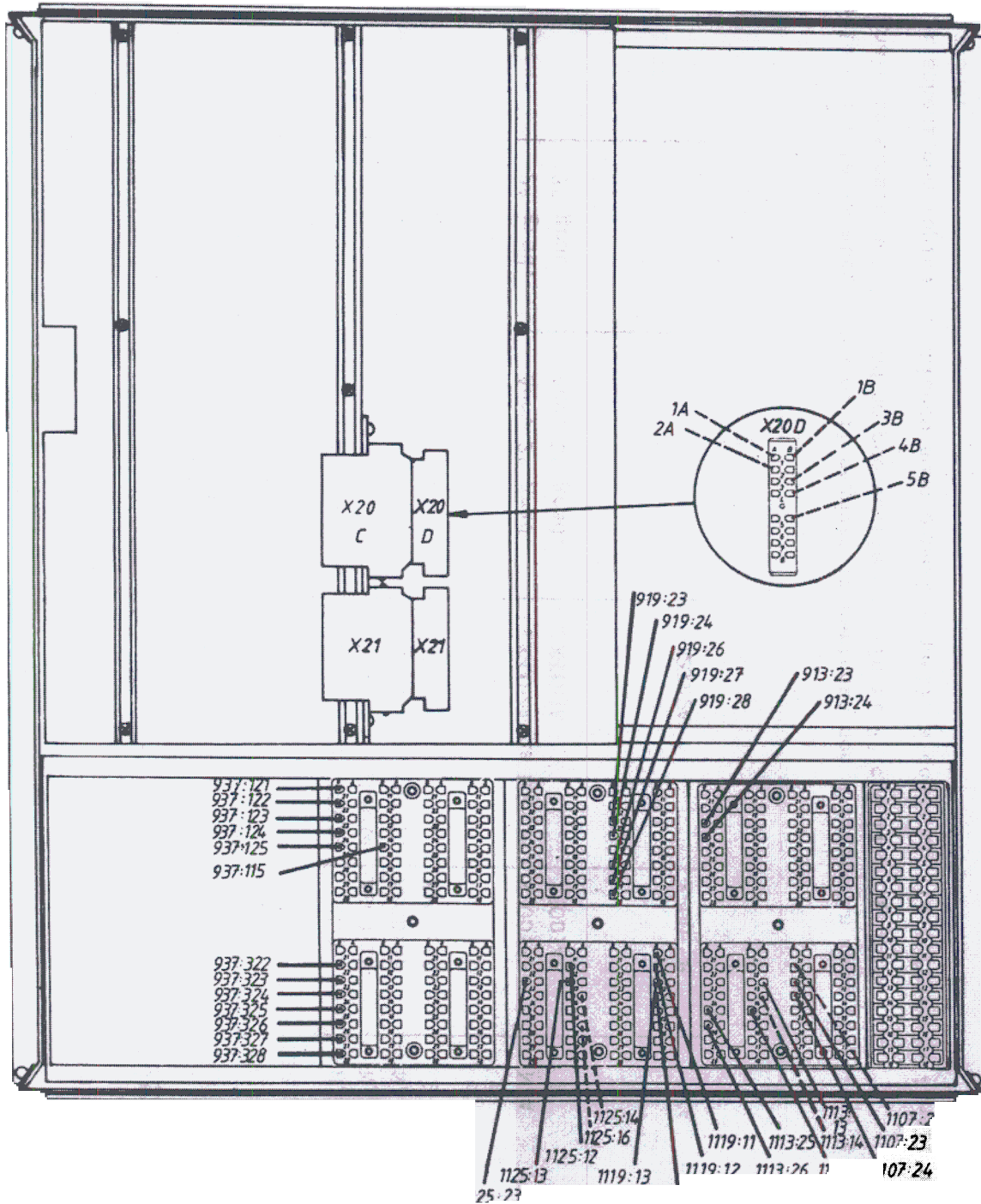
Selezione logica e coordinamento

	Trasmi.	Funzione di ricez.	Trasm.	Ricez	KI su B9	K2 su B11	K1 su B11
1. Schemi con logica di scatto*			Conn.1107:22a	Conn.1113:14a	(TRIP o DIR START)		(TKO)***
Telescatto diretto	1° grad.	N/A	X20D:3A via 1125:14	N/A	N/A	2,4,5	N/A
Consenso, corto	1° grad.	Scatto	X20D:3A via 1125:14	X20D:1B	N/A	2,4,5	N/A
Consenso, lungo	2° grad.	Acc. 2° grad.	X20D:4A via 1125:16	X20D:3B	N/A	2,4,5	N/A
Consenso, lungo	3° grad.	Acc. 3° grad.	X20D:1A	X20D:4B	2	2,4,5	N/A
2. Schemi con logica di sblocco **	2° grad.	Acc. 2° grad.	X20D:4A via 1125:16	X20D:3B	N/A	2,4,5	N/A
	3° grad.	Acc. 3° grad.	X20D:1A	X20D:4B	2	2,4,5	N/A
3. Schemi con logica di blocco			X20D:2A	X20D:5B	N/A	1,3,4	secondo necessità

\*) Con l'eccezione del telescatto diretto, il segnale in partenza non é legato in modo specifico a quello in arrivo. Cioé un segnale trasmesso dal 1° gradino può accelerare sia il 2° che il 3° gradino.

\*\*\*) In RAZFE gli schemi con logica di sblocco sono uguali a quelli a consenso, la differenza é nell'apparecchiatura di comunicazione.

\*\*\*) K1 (TKO) é il temporizzatore di coordinamento, tarabile a 10,20,30,40 e 50 msec.



La posizione esatta di questi collegamenti é indicata in fig. 8a. Le posizioni sono secondo il sistema COMBIFLEX. Per dettagli addizionali su questo sistema di indicazione e collegamento, vedere i Cataloghi 92-10 AG e RK 924-100.

Ogni filo deve essere terminato con l'apposito connettore ASEA COMBIFLEX.

Questi connettori sono costruiti per assicurare un collegamento sicuro e di resistenza ridotta (inferiore a 3 mohm).

I fili devono essere estratti usando l'apposito estrattore RTXD, fornito con ogni relé.

Tutte le connessioni sul retro della presa di prova RTXP18 sono fatte con connettori di 20 A di portata, adatti per fili fino a 2.5 mm<sup>2</sup>.

Le connessioni effettuate direttamente sul retro dei relé sono fatte con connettori da 10 A di portata, adatti per fili fino a 1.5 mm<sup>2</sup> di sezione.

Questi connettori devono essere pinzati solo usando le apposite pinze ASEA.

#### Possibilità di programmazione addizionali

Sulle schede vi sono delle spine che devono essere opportunamente posizionate per ottenere le funzioni volute (ved. fig. 8b).

Scheda B4            In una posizione il filtro CCVT per i TV capacitivi é inserito automaticamente quando le condizioni del sistema (tensione ridotta ai capi del relé etc.) lo richiedano per una corretta misura in 1° gradino. Nell'altra il filtro é permanentemente inserito.

Scheda B11 :        Quando il relé di blocco antipendolazioni é in servizio, cioè il terminale 8 A su X20D non é connesso allo zero, si deve scegliere una delle 3 combinazioni seguenti, per mezzo della spina K4 sulla scheda B11 (fig. 8b).

- Pos. 1    Blocco avviamento e scatto
- Pos. 2    Blocco del solo scatto
- Pos. 3    Fuori servizio

E' anche possibile programmare il relé di blocco antipendolazioni in modo da bloccare lo scatto solo in 2° e 3° gradino, e bloccare la richiusura in tutti i casi. Per dettagli rivolgersi al Costruttore.

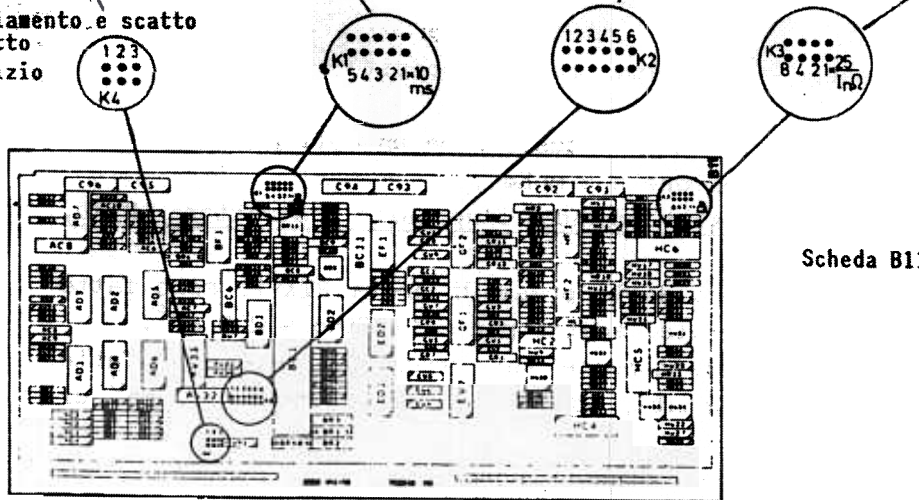
Programmazione del relé antipendolante

Taratura TKO secondo tabella II

Programmazione schema di telepilotaggio secondo tabella II

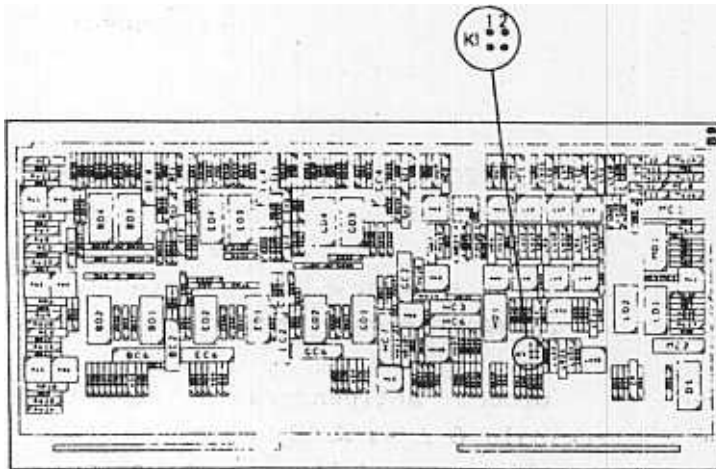
Taratura relé antipendolante  
Taratura PCI in direzione resistiva

- 1: blocco avviamento e scatto
- 2: blocco scatto
- 3: fuori servizio



Scheda B11

Taratura schema di telepilotaggio secondo tabella II

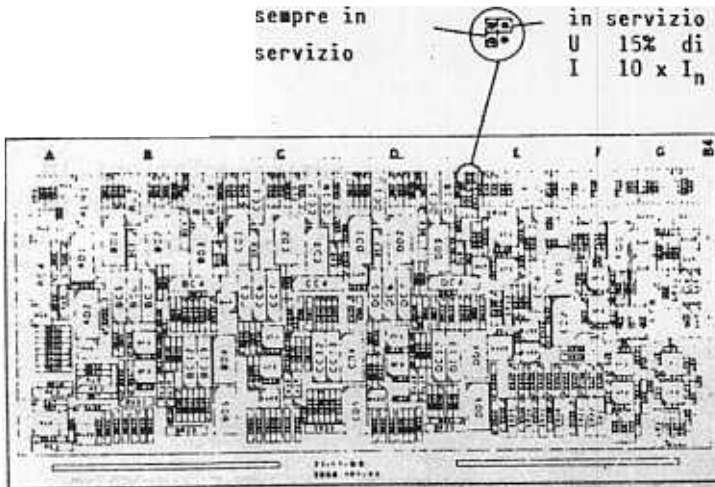


Scheda B9

Programmazione filtro IVC

sempre in servizio

in servizio quando:  
 $U \geq 15\% \text{ di } U_n \text{ e}$   
 $I \geq 10 \times I_n$

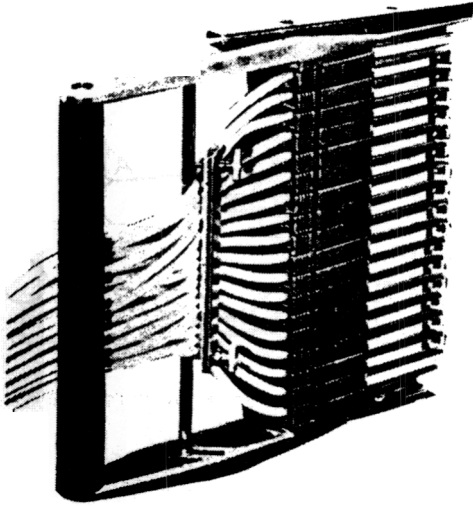


Scheda B4

Fig. 8(b). Spine di programmazione sul circuito stampato



MANIGLIA DI PROVA RTXH18



Spine incluse nella maniglia di prova



2 spine di prova per + e - poste agli estremi della maniglia di prova. Sono usate per la tensione aux. del dispositivo di prova. Queste spine non aprono nessun contatto della presa di prova.



16 spine sono fissate nei rimanenti posti della maniglia di prova. Questa spina isola entrambi i tipi di contatti della presa di prova, sia quelli di scatto che quelli di corrente e tensione.

Accessori



La spina RTX B è usata separatamente e serve per bloccare lo scatto.

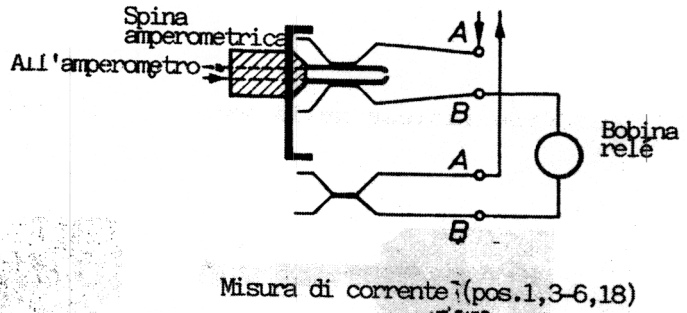
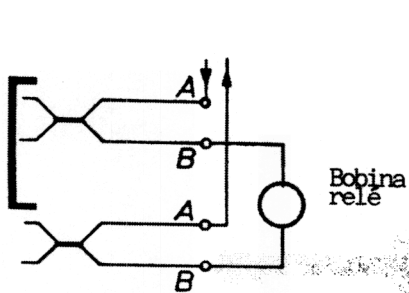
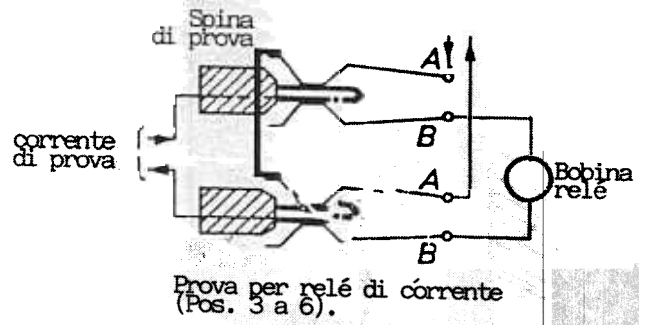
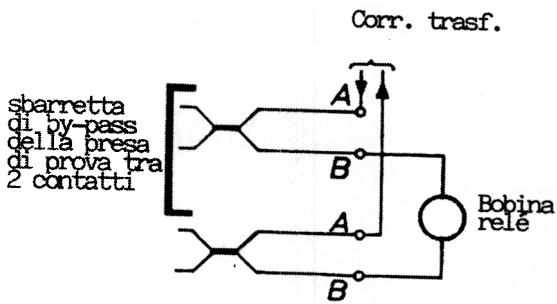


La spina amperometrica RTX M è usata separatamente e serve per misurare la corrente in servizio. In esso è incorporata una protezione per sovratensione a gas. Se durante la prova si commette un errore o si dimentica di collegare l'amperometro alla spina di prova la protezione a gas innesca un arco (a circa 300 V) che surriscaldando un contatto metallico cortocircuita la spina di prova impedendo al TA di bruciarsi.

Fig. 9 - Dettagli della spina di prova e metodi di impiego.

Posizione normale

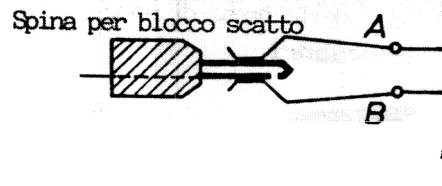
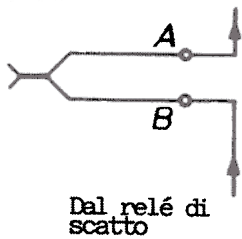
Posizione di prova



Contatto della presa di prova per circuiti amperometrici (pos. 1, 3-6, 18)



Alla bobina di apertura interruttore



Contatto della presa di prova per circuiti di scatto (pos. 2, 10-17).



Fig. 9 - Dettagli della spina di prova e metodi di impiego.

Scheda B11 Spina K4: Rimuovendo la spina K4 sulla scheda il relé antipendolazioni é messo fuori servizio.  
 Spina K3: per mezzo di questa spina é possibile tarare la caratteristica PCI del relé antipendolante. La PCI é una caratteristica circolare (di impedenza) usata per limitare la taratura delle rette B1 e B2 sull'asse delle reattanze.

La scala é in ohm/I di valore 1,2,4,8 volte la costante 25, il che dà:<sup>n</sup>

relé da 1 A: 25,50,100,200 ohm  
 2 A : 12.5,25,50,100 ohm  
 5 A : 5,10,20,40 ohm

La fig. 9 mostra i vari accessori COMBITEST che sono disponibili. Con il sistema COMBITEST é possibile provare la protezione con linea in servizio.

La corrente di carico può essere misurata con l'apposita spina di prova, protetta contro l'apertura accidentale dei circuiti amperometrici.

#### Tensione ausiliaria

RAZFE deve essere alimentato con 110 - 125 Vcc oppure 220-250 Vcc con regolazione nel campo + 10 - 20%.

Il carico é di circa 80 - 100 W.

#### Riduttori di corrente

Il carico totale sui TA é minimo, 0.5 VA (0.02 ohm su base 5A) per cui la resistenza dei cavi di connessione diviene il fattore dominante. RAZFE é disponibile per corrente secondaria di 1,2 oppure 5 A. Le versioni da 1 e 2 A permettono di ridurre l'autoconsumo dei cavetti al 16% o al 4% rispettivamente di quello relativo alla versione da 5A.

Inoltre l'eventuale saturazione dei TA ha un effetto minimo sulle prestazioni del relé.

La direzionalità del relé é mantenuta in ogni caso, anche con TA saturati e guasto a distanza ravvicinata.

Analogamente, guasti prossimi al relé verranno rivelati correttamente dagli elementi distanziometrici anche con TA saturati.

Qualora il guasto sia prossimo al limite di taratura, e vi sia una resistenza di guasto apprezzabile, la saturazione dei TA può causare un errore di allungamento. Di solito però la costante di tempo é ridotta a causa della resistenza di guasto, in queste condizioni é improbabile che vi sia saturazione dei TA.

Il relé non ha tendenza a ridurre la taratura a causa della saturazione. Infatti in tal caso almeno uno dei passaggi della corrente dallo zero sarà corretto, ad ogni ciclo, ed é in corrispondenza di questo passaggio da zero che viene effettuata la misura di distanza che, pertanto, risulterà corretta.

Il criterio per assicurare al 100% che non vi sia rischio di scatto intempestivo in 1° gradino, é che non vi sia saturazione per guasti al limite del 1° gradino.

#### Riduttori di tensione

I TV possono essere piazzati sul lato sbarra o linea dell'interruttore. Il relé funziona correttamente indipendentemente dalla tensione di guasto, anche quando essa sia zero.

Ciò deriva dal fatto che per tutti i guasti, tranne quello trifase, il relé é polarizzato con tensione dalla fasi sane.

Per guasto trifase un circuito di memoria assicura la direzionalità ed il funzionamento anche per guasto metallico trifase sui TV. Inoltre, é sufficiente una tensione del 3% per polarizzare il relé correttamente in regime permanente.

Chiusura su guasto: indipendentemente dalla posizione dei TV, circuiti interni provvedono a variare la sensibilità del relé e a renderlo non direzionale per 3 sec. alla chiusura dell'interruttore di linea. Questi circuiti sono attivati da un contatto del comando di chiusura, che porta una polarità positiva sul terminale 1119:12 (fig. 7).

Non vi sono restrizioni sull'impiego di TV capacitivi. Questi TV danno luogo a transitori di tensione durante i guasti che possono causare lo scatto intempestivo dei relé rapidi.

In RAZFE questo problema é stato risolto mediante l'uso di filtri attivi, inseriti solo quando sono necessari ad evitare errori di misura. In tal modo l'intervento della protezione avviene normalmente con la massima rapidità. Una descrizione dettagliata di questo filtro é data nel paragrafo TEORIA DI FUNZIONAMENTO.

### Consumi

Circuiti amperometrici	0.5 VA/Fase
Circuiti voltmetrici	3 VA/Fase
Circuiti ausiliari	80-100 W

### Caratteristiche nominali

Frequenza	50 o 60 Hz
Tensione	100-110 V $\pm$ 10% 50 Hz 100-130 V $\pm$ 10% 60 Hz
Corrente	1,2 o 5 A nominali
massima, continua	3 volte la nominale
massima, 1 sec.	70 volte la nominale
Tensione ausiliaria	110-125 Vcc oppure 220-250 Vcc + 10% - 20%
Temperatura ambiente	0 - 55°
Tensione di isolamento	2 kV, 50 Hz, 1 min.
Tensione di impulso	2 kV, 1.2/50 n sec. 0.5 Joule
Tensione oscillatoria smorzata	2.5 kV, 1 MHz
Prova dello "showering arc"	2-4 kV. Oscillazione smorzata generata da una induttanza di 300 H che si scarica in una capacità distributiva di 200 pF accoppiamento tramite condensatore da 100 pF.

CONTATTI DI USCITA

Relé reed tipo RXMTI, usati per segnalazione di scatto, uscita avviamento telepilotaggio.

150 Vcc max  
 1A cc continuo  
 1A cc in chiusura per 200 msec. L/R 10 msec.  
 80 mA potere di rottura a 125 VCC L/R 40 msec.  
 280 mA potere di interruzione a 125 VCC L/R = 0  
 0.6 A potere di interruzione a 150 Vca F.P. 0.1  
 (Max 20 VA).

Relé da scheda, usati per segnalazione in generale

220 Vcc max  
 1A cc continuo  
 10A cc in chiusura per 200 msec. L/R 10 msec.  
 0.2 A potere di interruzione a 125 Vcc L/R 40 msec.  
 1A potere di interruzione a 250 Vca, F.P. 0.1

Unità di scatto (opzionale)

Relé elettromeccanico tipo RXMSI

300 Vcc max  
 4 A cc continuo  
 30A cc in chiusura per 200 msec. L/R 10 msec  
 10A cc per 1 sec.  
 0.25 Acc potere di interruzione a 125 Vcc, L/R 40 msec.

Relé elettromeccanico tipo RXMEI

450 Vcc max  
 6 A cc continui  
 30 A cc in chiusura per 200 msec, L/R 10 msec.  
 30 A cc per 1 sec.  
 0.7A cc potere di interruzione 125 Vcc L/R 40 msec

Relé a tiristori RXMEAI

250 Vcc max  
 2 A cc continui  
 35A cc in chiusura per 200 msec. L/R 10 msec.  
 30A cc per 1 sec.

PRESTAZIONIModi di intervento

Unipolare con selezione di fase (opzionale) o trifase per tutti i guasti a terra con scatto istantaneo. Trifase in tutti i casi di scatto ritardato o per guasti polifasi:

Numero di gradini:

- 1° istantaneo
- 2° ritardato 20 msec. - 99 sec.
- 3° ritardato 20 msec. - 99 sec.

Taratura in reattanza di sequenza positiva (50 Hz) in ohm/fase

- 1° gradino 0.05-12.8 (5A), 0.25-64 (1A)
- 2° gradino 1+5 volte la taratura del 1° gradino
- 3° gradino 1+10 volte la taratura del 1° gradino

Taratura resistiva in ohm:

(questa é in aggiunta a quella che si ottiene impostando l'angolo caratteristico di linea).

In	1A	2A	5A
1° gradino	2-50	1-25	0.4-10
2° gradino	identica al 1° gradino		
3° gradino	identica al 1° gradino		

Angolo caratteristico di linea  $t$  (L/R)

La tavola dà i valori di  $X/R$  e  $\varphi$  corrispondenti ai valori di  $\tau_k$  e  $\tau_n$  alla frequenza di 50 Hz.

$\tau_K$	$\tau_N$	60 Hz		50 Hz	
		X/R	$\varphi$	X/R	$\varphi$
18	18	6.79	82°	5.67	80°
9	9	3.39	74°	2.75	70°
6	6	2.26	66°	1.88	62°
	4	1.51	56°	1.23	51°

Il valore di L/R per l'impedenza di sequenza positiva é tarato con  $\tau_k$ ,  
mentre quello dell'impedenza di terra é tarato con  $\tau_n$ .

$\tau_n$  é dato da:

$$\tau_n = \frac{L_0 - L_1}{R_0 - R_1}$$

mentre il fattore di correzione per l'impedenza omopolare é dato da:

$$K_N = \frac{X_0 - X_1}{3 X_1}$$

$K_N$  é tarabile tra 0.5 - 1.1

Questa compensazione in modulo e fase provvede una perfetta correzione della differenza tra  $Z_0$  e  $Z_1$  di linea.



Rapporto di ripristino	102%
Precisione in 1° gradino	$\pm 5\%$ all'angolo caratt.
Precisione in 2° e 3° gradino	$\pm 10\%$ all'ang. caratt.
Tempo di intervento (tipico)	10-20 msec.
Tempo di ripristino (relé aux. non inclusi)	25 msec.
Minima tensione di guasto (per corretta direzionalità)	0 V (polarizzazione in quadratura e circuito di memoria)
	3 V (senza memoria o con by-pass dello elemento direzionale)
Sensibilità	20% In (10% opzionale)
Errore di allungamento	Trascurabile a qualunque angolo.
Pendenza della caratteristica reattiva	$- 6^\circ (\pm 2^\circ)$
Pendenza della caratteristica resistiva	$\varphi_k (\pm 2^\circ)$
Pendenza caratteristica direzionale	$90^\circ - \varphi_k (\pm 2^\circ)$
Angolo caratteristico per guasti bifasi	$\varphi_k (\pm 2^\circ)$
Filtro dinamico per TVC	ritardo 10 msec.

#### Invio del segnale di telepilotaggio

##### a) Logica di telescatto

Può essere pilotata istantaneamente da tutti e 3 i gradini per tutti i tipi di guasto.

...

## b) Logica di blocco

Pilotata dalla caratteristica reattiva per guasti alle spalle tarata al 25%-40% della taratura resistiva e da un relé direzionale sensibile alla sequenza inversa tarato a 0.3 In per tutti i guasti tranne quelli bifasi.

Per guasto bifasi la logica é pilotata solo dal relé direzionale di sequenza inversa.

## c) Logica di consenso

Invio del segnale per intervento degli elementi di misura di 2° e 3° gradino (istantanei) per tutti i tipi di guasto.

L'invio da parte del 2° e 3° gradino é selezionabile.

Relé della logica di avviamento e selezione di guasto (C4)

Questi relé non hanno contatti di uscita esterni. Sono impiegati esclusivamente per funzioni logiche interne. La caratteristica é un cerchio polifase, con diametro giacente a circa - 50° gradi dell'angolo di linea  $\tau_k$  e tarato a circa 1.4 volte la taratura del 3° gradino.

Cartellini Indicatori

Vengono forniti 12 cartellini per la completa indicazione del tipo di guasto e dei relativi interventi. Ogni indicazione é inoltre accoppiata ad un contatto di uscita pulito per segnalazione a distanza o RCE.

Relé antipendolante

L'unità di avviamento é una retta posta al 120% della taratura resistiva della RAZFE e parallela alle caratteristiche B1 e B2.

L'intervento é limitato nella direzione delle reattanze ed é tarabile a 5,10,20,40 ohm ( $I_n = 5A$ ) e proporzionalmente per relé da 1 o 2A.

Queste caratteristiche sono chiamate PC1 e PC2 e sono sulla scheda B11.

Tempi di intervento:

- a) RAZFE interviene istantaneamente se viene rilevato un guasto entro 35 msec. dall'avviamento del relé antipendolante.
- b) Lo scatto é bloccato per 2 sec. se la pendolazione entra nell'area di intervento del relé 35 msec. dopo l'avviamento del relé antipendolante.

METODO DI MISURA, TEORIA

RAZFE utilizza circuiti statici per l'elaborazione dei segnali sia analogici che digitali.

Relé elettromeccanici vengono utilizzati solo per le funzioni di scatto e interfaccia.

Parte analogica

Le tensioni e le correnti di fase sono elaborate prima di tutto nella parte analogica del relé, trasformandole ad un livello compatibile con i circuiti statici.

Questa parte analogica é illustrata schematicamente in Fig. 10.

Vi sono quattro impedenze di replica dell'impedenza di fase, nonché del circuito di ritorno attraverso la terra.

Ogni impedenza replica é costituita da due parti principali.

Una é una impedenza ( $Z_k$  o  $Z_n$ ) costituito da una reattanza con presa centrale "c" ed una resistenza con prese intermedie ( $\tau_k$  o  $\tau_n$ ) per la regolazione dell'angolo di linea.

Ai capi di questa impedenza si ottiene una tensione proporzionale alla corrente che l'attraversa.

L'altro componente é un trasformatore a più avvolgimenti e a prese multiple (U) più un potenziometro (p). Questa combinazione dà una tensione di riferimento tarabile.

Il potenziometro p, (in ogni fase) dà la taratura fine dell'impedenza replica di primo gradino. In modo analogo i potenziometri  $p_2$  e  $p_3$  (in ogni fase) consentono di moltiplicare per un fattore da 1-10 l'impedenza di primo gradino, e stabilire così la taratura del secondo e terzo gradino.

Le impedenze replica nei circuiti di corrente sono costituiti come già detto da reattanze in serie a resistenze con prese intermedie. Questa combinazione permette di tarare il valore dell'angolo di replica nel campo esposto nella tab. I di pag. 10

Il circuito di neutro contiene una impedenza replica analoga, con angolo di fase regolabile. Inoltre, il TA ausiliario di neutro ha un secondario a prese ( $K_n$ ) con cui é possibile tarare l'impedenza replica nel neutro in modo che l'impedenza replica totale nel relé coincida con l'impedenza dell'anello di guasto, cioè a  $1/3 (Z_1 + Z_2 + Z_0)$ .

Per mezzo di tre avvolgimenti secondari sui trasformatori ausiliari di corrente e di tensione, le varie tensioni sviluppate nelle impedenze e nelle resistenze di replica vengono cambiate per ottenere, per ogni fase ed ogni gradino, segnali proporzionali come segue (riferiti come esempio solo alla fase R).

Tensione fase-terra

Tensione tra fase e fase ( $U_{SR} = U_S - U_R$ )

Corrente di sequenza inversa

$I_{RN}$  Corrente nella fase R più  $K_N$  volte la corrente di terra.  $I_{RN}$   
 $= I_R + K_N I_N$

$I_R Z_B$  Caduta di tensione sulla replica della impedenza d'arco.  $Z_B$   
 per la corrente nella fase R.

$I_R Z_K$  Caduta di tensione sulla impedenza replica di fase  $Z_k$  per la  
 corrente  $I_R$ .

$K_N I_{NN}$  Corrente di neutro ( $I_R + I_S + I_T$ ) modificata dal fattore  $K_N$ .

$U_{KIRN}$  Somma della tensione di fase  $U_R$  meno la caduta di tensione  
 sull'impedenza replica di fase  $I_R Z_K$ , meno la caduta di  
 tensione sull'impedenza replica di neutro  $K_N I_{NN} Z_N$ :

$$U_{KIRN} = U_R - I_R Z_K - K_N I_{NN} Z_N$$

(L'indice 1 vale per il 1° gradino, 2 per il 2° etc.). \*

$U_{BIR}$  Somma della tensione di fase  $U_R$  meno la caduta di tensione  
 sulla replica dell'impedenza d'arco  $I_R Z_{Rb1}$

$$U_{BIR} = U_R - I_R Z_{Rb1}$$

$U_{B2R}$  Somma della tensione di fase  $U_R$  più la caduta di tensione  
 sulla replica dell'impedenza d'arco  $I_R Z_{Rb2}$

$$U_{B2R} = U_R + I_R Z_{Rb2}$$

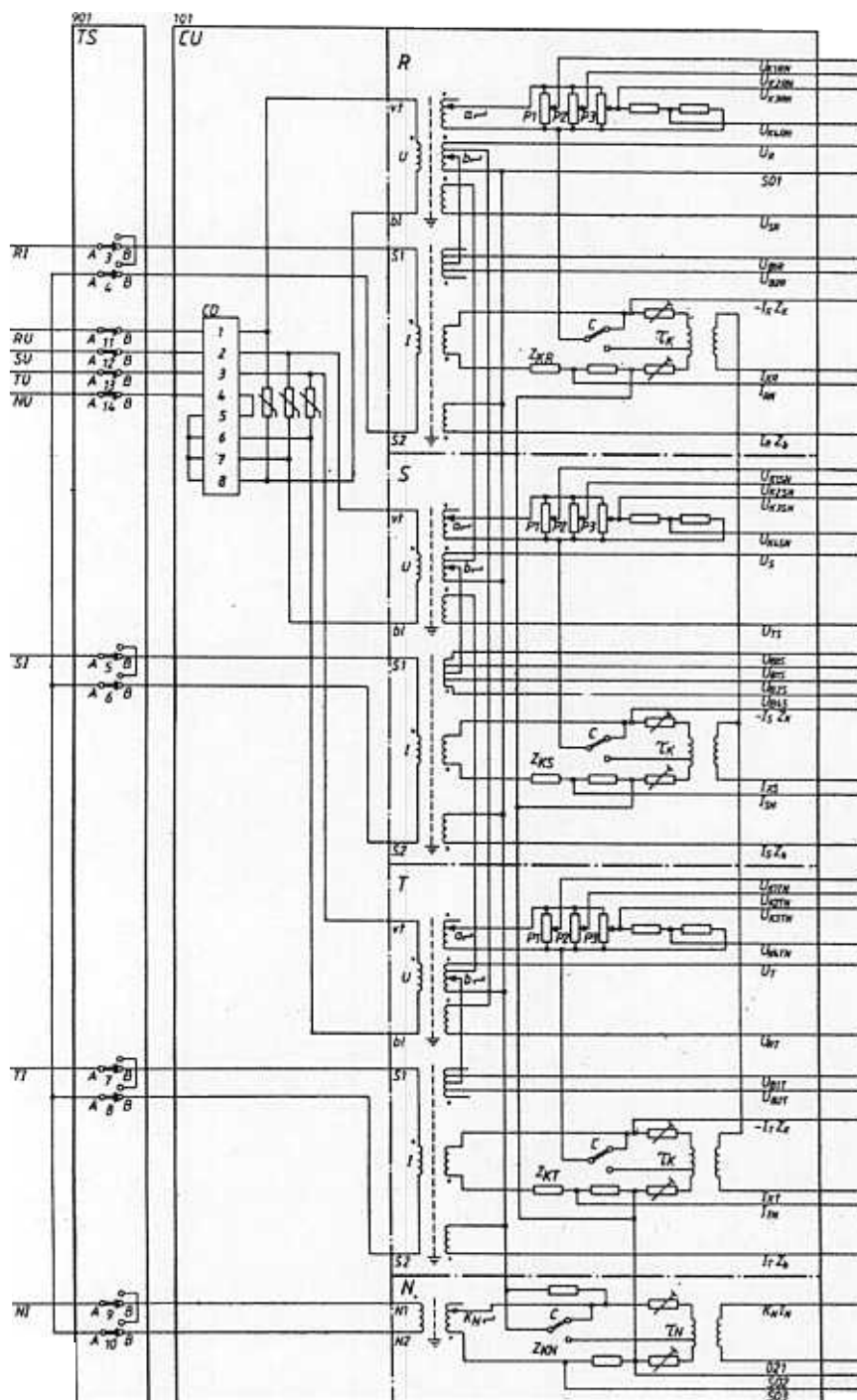
Nota: Gli indici 1 e 2 ( $U_{B1}$  e  $U_{B2}$ ) in questo caso si riferiscono alle  
 caratteristiche giacenti a destra e a sinistra dell'origine nel  
 piano R, X e non al 1° e 2° gradino.

Questi segnali vengono elaborati nei circuiti elettronici del relé. Per semplificare l'elaborazione vengono usati tre riferimenti diversi (501, 502 e 503), oltre ai TA ausiliari con 3 secondari e ai 9 secondari (3 per fase) dei TV ausiliari su B1.

Uno solo dei secondari dei TA é connesso ad un carico, gli altri secondari forniscono tensioni galvanicamente isolate proporzionali alla tensione sviluppata su quest'unico carico.

Questi segnali vengono utilizzati, ad esempio, per attivare il filtro per i TVC e per eccitare i relé d'interfaccia col telepilotaggio.

Fig. 10  
Sistema di  
conversione  
analogica



Filtro contro i transitori nei TVC

E' necessario usare un filtro che sopprime i transitori generati dai capacitivi (TVC), per assicurare una misura corretta di impedenza nel caso di linee corte.

Poiché i TVC sono normalmente usati sulle linee ad alta e altissima tensione, questo filtro é sempre incluso in ogni RAZFE. Le sue caratteristiche sono compatibili con ogni TVC per cui non sono regolabili. C'è la possibilità di avere questo filtro sempre inserito e non solo quando le sue prestazioni sono necessarie per guasti che danno luogo a tensioni inferiori al 15% della nominale).

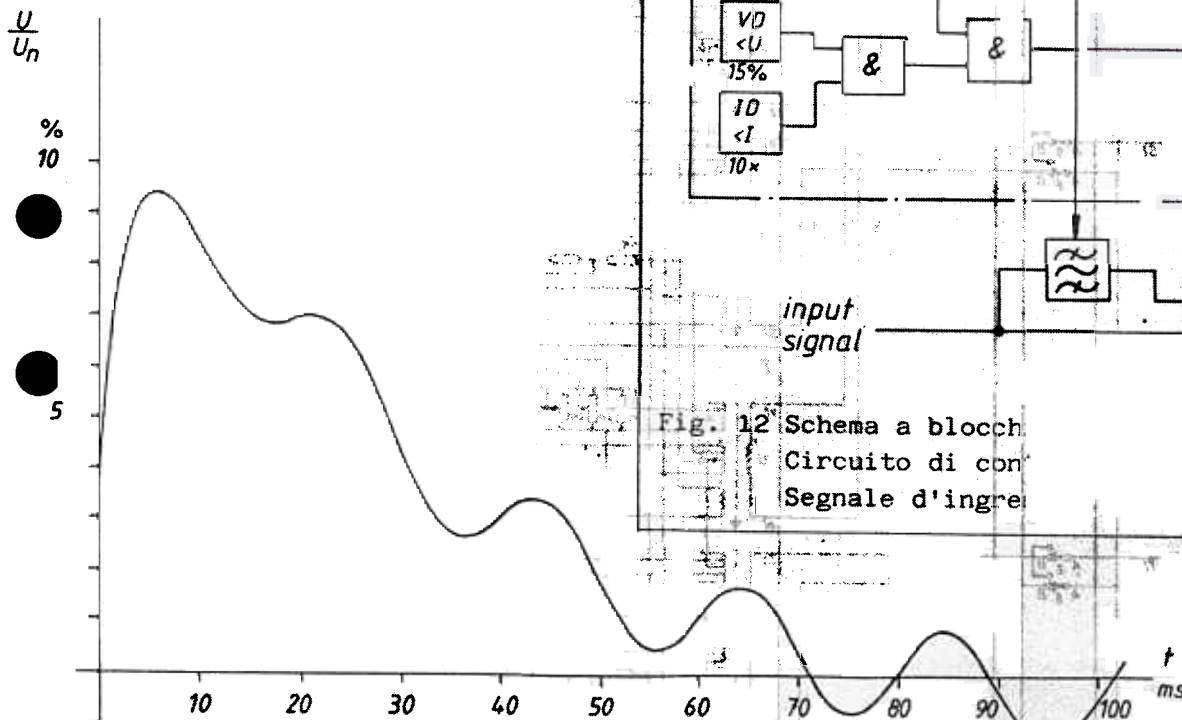
Questa possibilità é data da un ponticello sul circuito stampato B4, Fig. 8B.

La fig. 11 mostra come l'energia immagazzinata nella capacità dei TVC viene dissipata nel circuito d'ingresso del relé.

E' evidente che, per un breve periodo dopo un guasto vicino, la tensione al relé sia diversa dalla tensione primaria a causa dell'errore introdotto dal TV capacitivo.

Qualunque relé rapido distanziometrico verrà influenzato negativamente a meno che non vengano prese delle precauzioni.

Nel relé RAZFE viene impiegato un filtro attivo dinamico, che sopprime il transitorio.



Control circuit

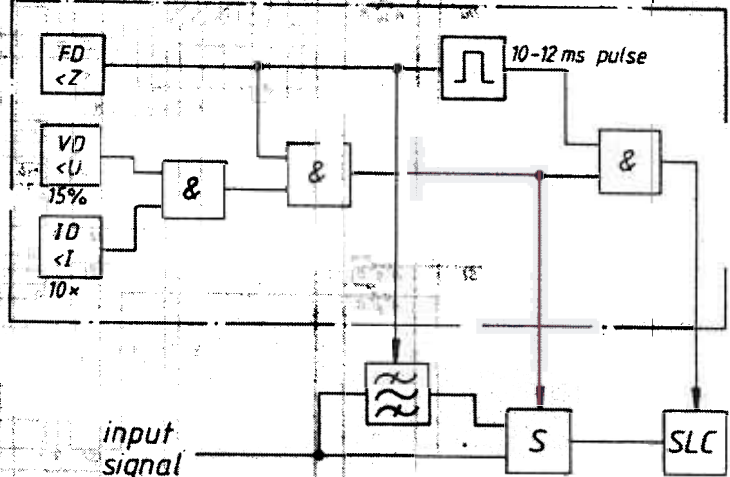


Fig. 12 Schema a blocchi  
Circuito di controllo  
Segnale d'ingresso

Fig. 11 Transitorio in un TVC. Errore transitorio ai capi di un TVC quando la tensione primaria viene cortocircuitata nell'istante  $V=0$ . L'errore varierà con angoli di guasti diversi, carico e tipo di TVC.

La fig. 12 riporta uno schema a blocchi di tale filtro con i suoi circuiti di controllo.

Normalmente le tensioni sono applicate direttamente alle unità di misura (SLC) dello ZFE, ed il filtro é scarico. Quando si innesca un guasto, rivelato da un elemento di sotto impedenza istantaneo (FD), viene attivato un filtro passa banda (50 Hz). Se il guasto é tale che la tensione é minore del 15% della nominale, e la corrente é inferiore a 10 volte la nominale, il canale di trasmissione diretto viene interrotto, ed il segnale da misurare é forzato attraverso il filtro attivo a 50 Hz. La componente a 50 Hz del segnale esce dal filtro con solo 10 mS di ritardo.

La rapidità di questo filtro deriva dal fatto che sia attivo, e che si sia partiti da uno stato di tensione zero invece che dalla piena tensione.

Un filtro analogo viene inserito anche nei circuiti di corrente in modo che i due segnali rimangano compatibili e la taratura non risulti modificata.

Questo breve ritardo può non essere tollerabile per guasti gravi vicini, per questo motivo il filtro non viene introdotto per correnti superiori a 10 volte la nominale, in queste condizioni il prevalere del segnale di corrente rende l'errore di misura trascurabile.

Il tempo necessario a riconoscere la necessità del filtro, e per il filtraggio, sono inferiori al tempo di misura normale, nel frattempo però i circuiti di misura riceveranno delle false informazioni. Per questo motivo viene introdotto un circuito che azzerava le informazioni acquisite e forza i circuiti di misura a elaborare i nuovi segnali in uscita dal filtro.

Questo filtro é applicato solo agli elementi di misura della distanza in primo gradino. Per guasti asimmetrici la tensione é derivata dalle fasi sane e quindi la direzionalità non é affetta dagli errori dei TVC. Per guasti trifasi vicini il circuito di memoria assicura la direzionalità. Per guasti in 2° e 3° gradino il transitorio nei TVC si esaurisce prima dell'intervento dei temporizzatori e, comunque, di solito non é importante.

#### PRINCIPI DI MISURA DELL'IMPEDENZA E DELLA DIREZIONE

Tutta l'elaborazione dei segnali é fatta mediante paragone degli angoli di fase sviluppati nella parte analogica del relé.

E' chiaro che la direzione può essere determinata paragonando la fase di una tensione e di una corrente, analogamente a quanto viene fatto nei relé direzionali elettromeccanici.

Che anche la distanza possa essere determinata col solo paragone dell'angolo di fase non é ovvio e verrà spiegato in seguito.

La misura di direzione é fatta usando la tensione nel punto di inserzione del relé, punto (0, 0) nel piano R, JX.

Nello stesso piano si può rappresentare l'impedenza della linea da proteggere.

Le cadute di tensione nella linea (IZ) sono riprodotte fedelmente nelle impedenze replica  $I_R Z_K$ .

Gli angoli delle linee caratteristiche e dei cerchi mho sono stabiliti dagli angoli delle impedenze replica.

### PRINCIPIO DI CONFRONTO DEGLI ANGOLI DI FASE

Gli angoli relativi dei vari segnali sono determinati da circuiti logici sequenziali la fig. 13a mostra le varie forme d'onda che si hanno nei circuiti logici (SLC). I segnali in ingresso A e B sono quelli derivati nella parte analogica. Vi sono 38 circuiti SLC, ognuno con segnali in ingresso diversi a seconda della funzione desiderata.

Con segnale in ingresso nullo, l'uscita é zero.

Ciò deriva dal fatto che "7" é un logico 1 perché non vi é segnale da B. Analogamente "8" é un logico 1 perché non vi é segnale da A. Con segnale di ingresso solo in A non c'è uscita, lo stesso per segnale di ingresso solo in B.

Ne segue che i circuiti SLC sono affidabili in caso di segnali troppo bassi, e in caso di guasti nei rivelatori di livello.

Durante il funzionamento normale i segnali hanno un livello adeguato ad un corretto funzionamento delle varie porte NAND e NOR.

Le onde quadre passano da 0 a 1 e viceversa in 10 microsec., i condensatori in 5 e 6 prevedono un intervallo di coordinazione di 100 microsec. Quindi, onde imperfette, non provocheranno funzionamenti intempestivi.

Inoltre, i segnali analogici vengono filtrati prima della squadratura. Come mostrato in Fig. 13b, con entrambi i segnali presenti, si avrà una uscita solo quando A é in anticipo su B. Notare che "7" e "8" sono sempre 1 logico, impedendo l'uscita del segnale finché A non precede B. Quando A precede B "7" "8" non saranno mai logico 1 insieme dando quindi un segnale d'uscita continuo.



## PRINCIPI LOGICI

Oltre all'elaborazione dei segnali nelle sezioni analogiche e di misura statiche vi sono altre relazioni, stabilite con circuiti logici statici. Fig. 14 illustra i principi di queste logiche. I simboli usati sono chiari eccetto il segnale di "Blocco" seguito dal circoletto. Il significato di quest'ultimo è di negazione, e cioè necessaria l'assenza del segnale di blocco insieme alla presenza di altri tre segnali per avere un'uscita.

L'indicazione nel blocco inferiore, CR (RX) rappresenta la ricezione di un segnale dal terminale remoto (RX). Questa logica è per un particolare schema in cui questo segnale è usato per lo scatto e non per il blocco. Il diagramma indica che questo tale-segnale è in parallelo con quello del temporizzatore della 3a zona e darà luogo a scatto istantaneo se il guasto è compreso nel campo di taratura del relé, nella direzione voluta e senza condizioni di blocco.

E' anche necessario un segnale dal selettore di fase, nonostante ciò non sia evidente nel caso di scatto tripolare.

La sua necessità è invece evidente nel caso di scatto unipolare (la logica relativa non è indicata). Viene invece usato anche nel caso di scatto tripolare per evitare l'errore di allungamento nel caso di guasti bifasi a terra, e per evitare altre condizioni che causano un intervento errato da parte di altri tipi di relé distanziometrici. Il significato dei vari segnali logici è esposto nella sezione seguente.

## CARATTERISTICHE DEL RELE'

Il relé ha caratteristiche diverse e ottimizzate per i diversi tipi di guasto.

## GUASTI BIFASE

Per i guasti tra fasi viene usata la caratteristica mho convenzionale. Questa caratteristica è sviluppata confrontando la fase delle tensioni tra fase e fase e quelle sviluppate nelle impedenze di replica, che rappresentano le condizioni al limite di taratura.

Consideriamo un guasto ST con sequenza di fase normale RST. Nonostante le tensioni siano distorte la sequenza resta RST e la tensione RS resta in anticipo su ST in ogni punto compreso quello di installazione del relé.

Se il guasto é oltre la taratura del relé la caduta di tensione dal relé al punto di guasto sarà maggiore di quella creata nell'impedenza replica. Quindi sottraendo la tensione replica dalla tensione misurata dal relé si otterrà una tensione ancora dello stesso segno.

La tensione RS continuerà ad essere in anticipo su ST e non vi sarà scatto.

Se invece il guasto é compreso nel campo di taratura le tensioni replica saranno maggiori della caduta di tensione nella linea dal guasto al relé, la differenza tra le due tensioni avrà segno opposto e prima, RS sarà in ritardo su ST e si avrà scatto.

La fig. 15 illustra queste condizioni su un diagramma delle tensioni. Le tre tensioni compensate tra fase e fase sono:

$$U_{KRS} = (U_R - U_S - Z_K (I_R - I_S))$$

$$U_{KST} = (U_S - U_T - Z_K (I_S - I_T))$$

$$U_{KRT} = (U_T - U_R - Z_K (I_T - I_R))$$

Il guasto é nella tratta protetta quando la tensione compensata  $U_{KRS}$  é in ritardo su  $U_{KST}$  tra  $0^\circ$  e  $180^\circ$  per un guasto TR.

Dalla Fig. 15 si vede che questa stessa misura é valida anche per guasti tra le altre fasi. Essendo facile effettuare queste misure tutte e tre le combinazioni di guasto vengono misurate contemporaneamente. Tutte e tre le misure devono dare lo stesso risultato. Lo scatto é permesso da una logica statistica tipo 2 su 3. Ciò porta ad una maggiore sicurezza, confermando il comando di scatto con un secondo segnale. Matematicamente vi sarà scatto quando 2 su 3 delle seguenti condizioni sono soddisfatte.

$$180^\circ \leq \arg (U_{KRS}) - \arg (U_{KST}) \leq 360^\circ$$

$$180^\circ \leq \arg (U_{KST}) - \arg (U_{KTR}) \leq 360^\circ$$

$$180^\circ \leq \arg (U_{KTR}) - \arg (U_{KRS}) \leq 360^\circ$$

In fig. 15 le cadute di tensione sono indicate in fase con le tensioni della sorgente. Questa condizione é valida solo per un sistema omogeneo in cui il rapporto X/R della linea é lo stesso di quello della sorgente e non vi é resistenza di guasto.

In genere e, specialmente in presenza di resistenza di guasto, i triangoli di tensione non saranno isosceli. In questo caso generale il funzionamento del relé é meglio rappresentato nel piano (R, JX).

Fig. 16 mostra la caratteristica del relé rilevabile con un prova relé.

L'angolo caratteristico del relé deriva dalla taratura  $\tau_k$  che pone i valori di L ed R della impedenza replica uguali a quelli della linea. La caratteristica circolare deriva dai limiti di 0-180° posti dalla relazione di intervento.

Come in tutti i relé di tipo mho polarizzati in quadratura l'effetto dell'impedenza della sorgente é di traslare la caratteristica in modo da comprendere l'origine (0,0). Il relé rimane direzionale e non vedrà guasti nella direzione opposta. Ciò é evidente quando si pensa che, per un guasto dietro al relé, la corrente si inverte. le tensioni prodotte nelle impedenze replica si invertiranno a loro volta.

La differenza tra le tensioni concatenate e le tensioni replica non avranno quindi mai la sequenza inversa necessaria allo scatto. Il relé vede dunque alle spalle solo in modo apparente.

La fig. 17 mostra come la caratteristica di Fig. 16 risulta modificata dalla presenza di impedenza di sorgente. Come spiegato dianzi non vi é perdita di direzionalità per il fatto che la caratteristica passi ora per (0, - Z<sub>S2</sub>) invece che per (0,0).

Il centro del cerchio é in posizione:

$$\frac{1}{2} (Z_K - Z_{S2}).$$

Un effetto positivo di questa dipendenza dell'impedenza di sorgente é che, per linee corte (cioé con impedenza di sorgente relativamente elevata in proporzione), la sensibilità del relé per guasti risulta aumentata.

Questo é positivo per linee corte dove é probabile che vi siano problemi di misura con guasti resistivi.

L'aprirsi della caratteristica é mostrato in fig. 18 per rapporti di impedenza sorgente/linea di 0/1, 5/1 e 10/1.

La taratura degli elementi per guasti bifasi é fatta in termini di impedenza di sequenza positiva e angolo caratteristico della linea.

### GUASTI BIFASI A TERRA

Nella caratteristica  $m_{ho}$  non vengono usati né la tensione né la corrente di sequenza zero. Quindi la taratura dell'unità per guasti bifasi non é influenzata dal fatto che vi sia anche un guasto verso terra.

Ciò é vero indipendentemente dal tipo di messa a terra del sistema. Le unità di misura dello ZFE che misurano i guasti a terra possono misurare guasti bifasi a terra in modo errato.

E' tipico di tutti i relé distanziometrici per guasti a terra che il relé nella fase in anticipo faccia un errore di allungamento, mentre quello nella fase in ritardo faccia un errore opposto (di accorciamento). Ciò é dovuto al differente effetto su questi due relé della caduta di tensione sulla resistenza di guasto.

Lo ZFE é dotato di logica statica che permette solo all'unità per guasti bifasi o a quella nella fase in ritardo di scattare per guasti bifasi a terra. Quindi non vi é possibilità di scattare intempestivamente per errore di allungamento qualunque sia la resistenza di guasto.

Vi é un'altra caratteristica dello ZFE che é comune a tutti i relé di tipo compensato.

Le unità per guasto bifasi possono non vedere guasti bifasi a terra molto vicini.

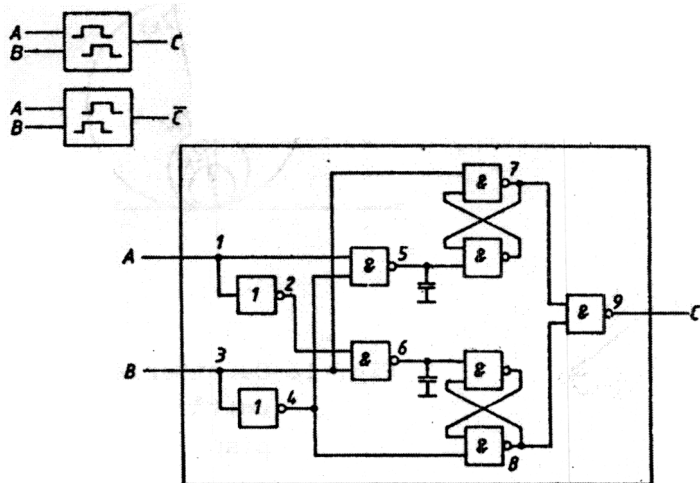
In queste condizioni le due unità per guasti a terra interverranno correttamente.

In generale questa condizione si verificherà in un terminale che sia una sorgente parte di corrente di sequenza zero, ma sorgente relativamente debole di sequenza positiva.

Nota: Guasti trifasi non sono rilevati dalle unità per guasti bifasi poiché questo tipo di guasto causa tensioni e correnti simmetriche nel relé. Anche le tensioni replica saranno simmetriche. Ne deriva che le tensioni misurate avranno sempre sequenza positiva indipendentemente dal punto di guasto e non si avrà scatto. Ciò é indicato in Fig. 19.

I guasti trifasi saranno rivelati dalle unità per guasti a terra descritte qui di seguito.

Fig. 13 a)



A ritardato su B

A anticipato su B

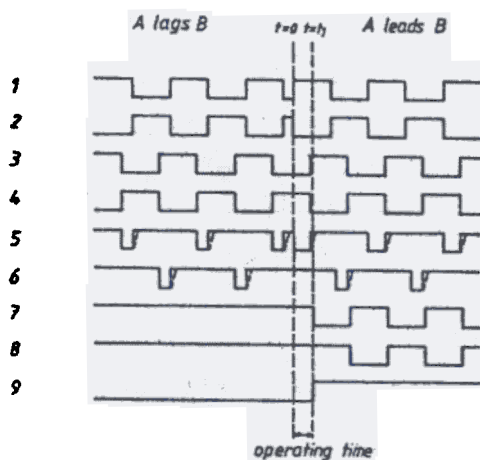


Fig. 13 b)

Fig. 13 a) } Principio di funziona-  
Fig. 13 b) } mento del comparatore  
di fase.

A in ritardo su B  
A in anticipo su B  
tempo di operazione

Tempo di intervento

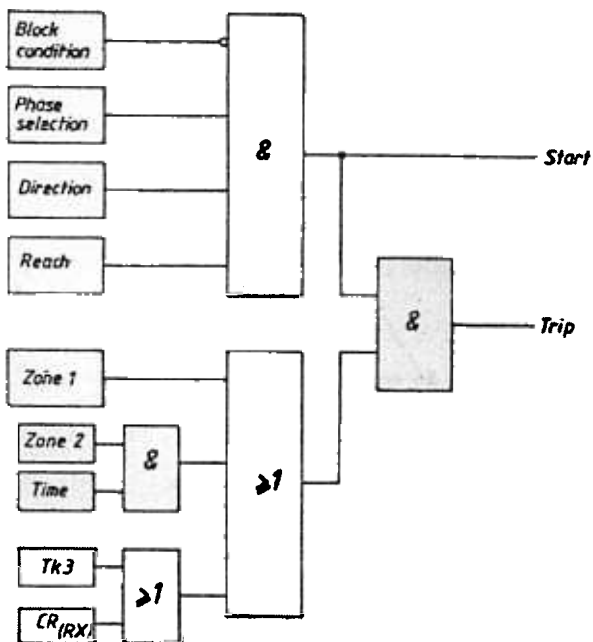


Fig. 14 Schema di principio dei circuiti logici.

Blocco  
Selettore di fase  
Direzione  
Distanza

Avviamento

1° gradino  
2° gradino +  
Tempo

Scatto

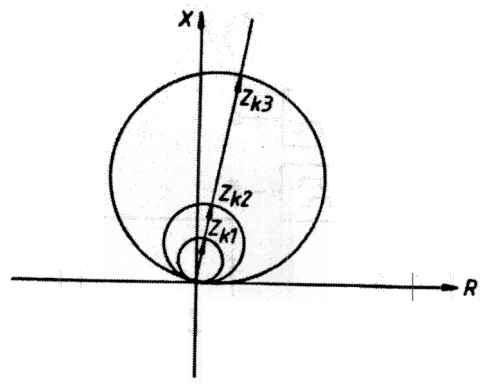
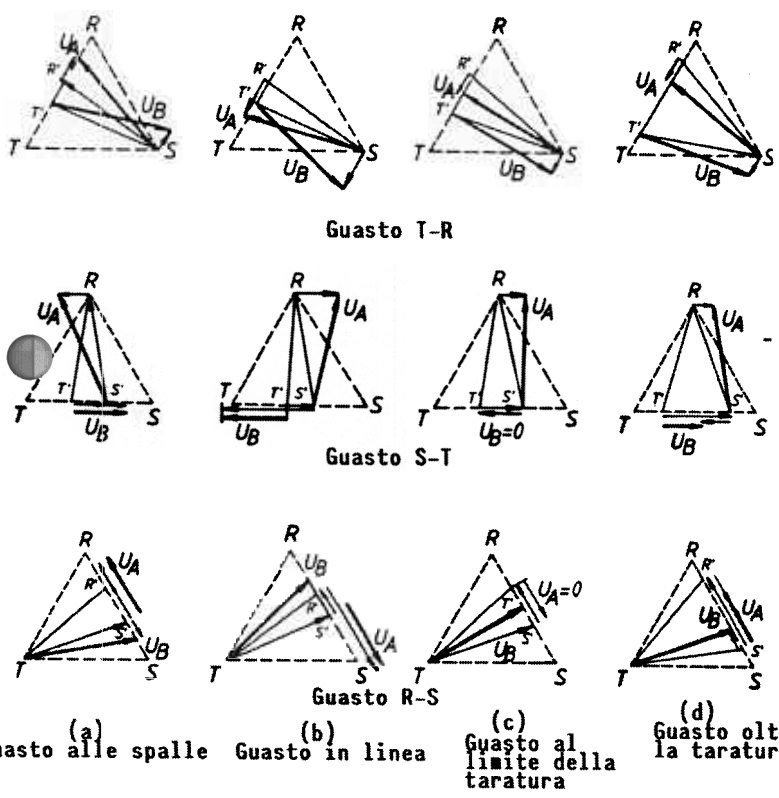
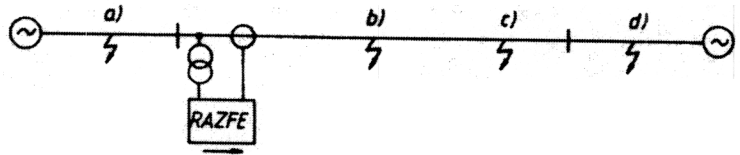


Fig. 16 Caratteristica delle unità fase-fase nel piano (R, JX)

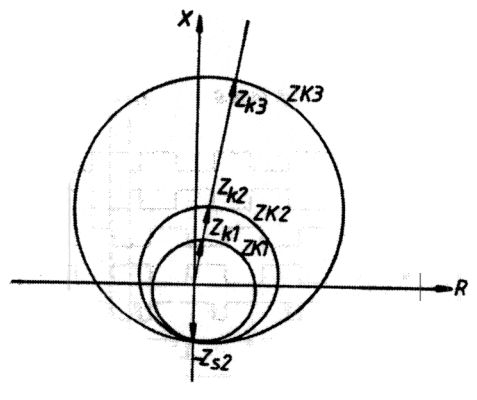
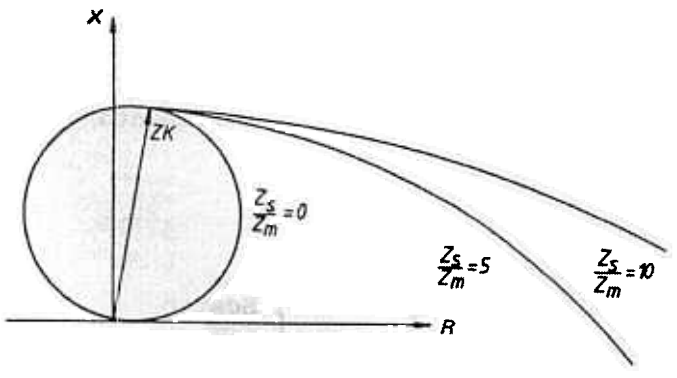


Fig. 17 Effetto dell'impedenza di sorgente Z sulla caratteristica mho

15 Diagrammi di tensione per tutti i tipi di guasto fase-fase al variare della posizione

Guasto T-R S-T R-S



18 Effetto dell'impedenza di sorgente Z sulla copertura dei guasti resistivi con caratteristica mho per linee corte

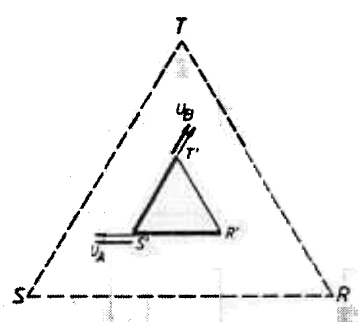


Fig. 19 Guasto trifase. L'unità fase-fase non interviene

GUASTI A TERRA

Per questi tipi di guasto viene fatta una misura di reattanza modificata. Vengono fatte tre misure separate, una per fase.

La direzionalità è assicurata misurando la tensione tra le due fasi sane. Non vi saranno quindi problemi di direzionalità anche per guasti ai terminali dei TV.

Per guasto sulla fase R la misura di direzione è fatta misurando lo sfasamento tra la tensione  $U_{TS}$  e una tensione derivata dalla corrente nella fase R,  $I_{RZK}$ .

Per tutti i guasti davanti al relé  $U_{TS}$  sarà circa  $90^\circ$  in anticipo rispetto a  $I_{RZK}$  mentre per guasti alle spalle sarà di circa  $90^\circ$  in ritardo.

La misura direzionale è ridotta alla verifica di questa condizione di sfasamento.

Matematicamente la relazione è:

$$0^\circ \leq \arg(U_{TS} - \arg(I_{RZK})) \leq 180^\circ$$

Questa espressione è rappresentata nel piano (R, JX) come una retta perpendicolare alla caratteristica della linea protetta (cioè perpendicolare a  $Z_K$ ).

Si tratta della retta tratteggiata D in Fig. 20 a.

Tuttavia, siccome il relé è polarizzato in quadratura, nel caso generale in cui vi sia impedenza di sorgente, la retta D passerà per  $(0, -Z_S)$  come indicato in fig. 20a.

La direzionalità è sempre assicurata per le stesse ragioni date per l'unità mho per guasti bifasi.

$Z_S$  è l'impedenza anello di sorgente ed è legata all'impedenza anello di linea da:

$$Z_S = \frac{(Z_{S1} + Z_{S2} + Z_{S0})}{Z_1 + Z_2 + Z_0} Z_1$$

che si può anche scrivere

$$Z_S = \frac{2 Z_S + Z_{S0}}{2 + \frac{Z_0}{Z_1}} \quad \text{dove}$$

é l'impedenza di sorgente equivalente

$Z_1, Z_2, Z_0$  sono le impedenze di linea di sequenza positiva, negativa e zero.

$Z_{S1}, Z_{S2}$  e  $Z_{S0}$  sono le analoghe impedenze riferite alla sorgente.

Questa caratteristica é perfettamente direzionale per tutti i tipi di guasto, l'estensione alle spalle é solo apparente.

L'unità direzionale non richiede taratura.

La misura di distanza per guasti a terra é basata sul paragone degli angoli di sfasamento come nella misura dei guasti bifasi.

Una delle tensioni da paragonare é

$$U_{KRN} = U_R - I Z_K - K I_N Z_{NN}$$

Questa tensione é derivata sottraendo dalla tensione di fase la caduta di tensione nell'impedenza replica, composta di due parti.

a) La caduta nell'impedenza di fase  $I Z_{RK}$

b) La caduta nell'impedenza anello di terra  $K I_N Z_{NN}$

L'altra grandezza di paragone é derivata prendendo la caduta su una resistenza causata dalla corrente.

$$I_R + K I_N$$

Questa é la corrente nell'anello di guasto.

Questa tensione é usata solo come riferimento per la determinazione dell'angolo ed il suo valore non ha importanza.

Il comparatore di fase verifica se:

$$(180^\circ + \alpha) \leq \arg(U_{KRN}) - \arg(I_{RN}) \leq (360^\circ + \alpha)$$

Per guasti al limite di taratura  $U_{KRN}$  é zero.

Per guasti oltre il limite di taratura  $U_{KRN}$  sarà in anticipo su  $I_{RN}$ , la relazione precedente non sarà soddisfatta e non si avrà scatto.



Per guasti entro la taratura  $U_{KRN}$  sarà in anticipo su  $I_{RN}$ , la relazione sarà soddisfatta e vi sarà scatto. Queste relazioni sono rappresentate in fig. 20b. Notare che non vi sono misuratori di livello nel senso convenzionale, basta fare una misura di sequenza di due segnali per misurare la distanza.

Sul diagramma  $(R, jX)$  di fig. 20a la caratteristica di intervento è rappresentata da una retta che passa per l'estremità del vettore  $Z_s$ . E' inclinata rispetto alla vera caratteristica reattiva di  $-6^\circ$  ( $\pm 2^\circ$ ), l'angolo . Quest'angolo non è tarabile.

La taratura di reattanza è fatta mediante potenziometri in termini di impedenza di sequenza positiva, più un fattore di correzione che tiene conto del fatto che l'impedenza d'anello per guasti a terra è solitamente un multiplo dell'impedenza di sequenza positiva.

La fig. 20a mostra anche che la distanza lungo l'asse resistivo è limitata da "blindings",  $B_1$  e dalle unità di misura del selettore di fase  $C_4$ , descritte in seguito.

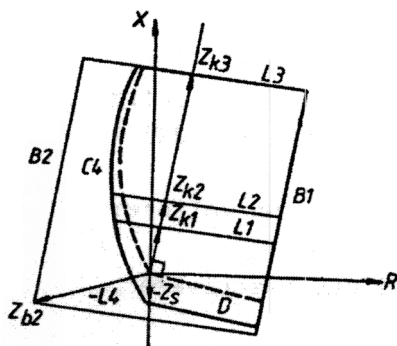


Fig. 20 a)

Caratteristica per guasti fase-terra, comprese le rette limitatrici.

BLINDERS (RETTE LIMITATRICI)

Non vi é necessit  di blinders per guasti bifasi in quanto la caratteristica  $mho$  é di tipo chiuso.

Per tutti gli altri tipi di guasto, e per la discriminazione dal carico, é necessario aggiungere queste rette limitatrici della taratura resistiva.

Questa misura resistiva é fatta anch'essa paragonando la fase di due segnali.

Uno é:

$$U_{BIR} = U_R - I_R Z_{B1}$$

Questo é simile al segnale per la misura di reattanza con la differenza che  $Z_{B1}$  é prevalentemente resistivo mentre  $Z_K$  e  $Z_N$  erano prevalentemente reattive.

L'altro segnale di riferimento é derivato dalla corrente ed é:

$$I_R Z_K$$

Si avr  scatto quando  $U_{BIR}$  sar  in anticipo su  $I_R Z_K$  cio :

$$0^\circ \leq \arg(U_{BIR}) - \arg(I_R Z_K) \leq 180^\circ$$

La fig. 20c rappresenta questa relazione e la fig. 20a mostra la retta risultante  $B1$ , parallela a  $Z_K$  nel piano  $(R, JX)$ .

Questa retta passa per l'estremit  di un vettore:

$$\left( \frac{3Z_{b1}}{Z_1} \right) Z_1 \quad \text{che si pu  riscrivere}$$

$$\frac{3Z_{b1}}{2 + \frac{Z_0}{Z_1}}$$

I simboli sono i soliti, mentre  $Z_{B1}$  rappresenta invece la taratura resistiva. Questa retta interseca l'asse  $R$  in  $R_b$ .  $R_b$  é tarato mediante il potenziometro  $b$ .

Un'altra misura viene fatta per limitare la distanza nel secondo quadrante in modo simmetrico, cioè:

$$U_{B2R} = U_R - I_R Z_{B2}$$

dove  $Z_{B2}$  é uguale a  $-Z_{B1}$ . Vi sarà scatto quando:

$$180^\circ \leq \arg(U_{B2R}) - \arg(I_R Z_{R K}) \leq 360^\circ$$

Anche questa relazione é indicata in fig. 20a.

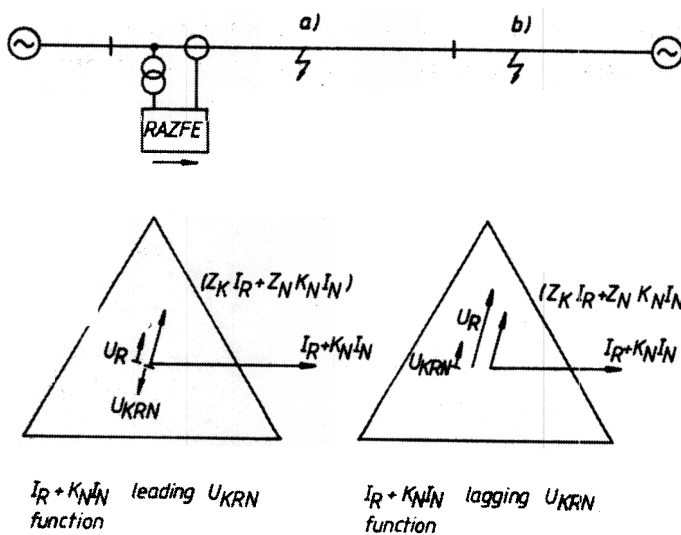
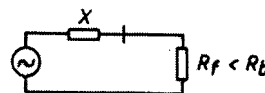


Fig. 20 b)  
Relazioni tra le tensioni per guasto fase R-terra. La tensione  $U_{KRN}$  si inverte per guasti entro e fuori taratura

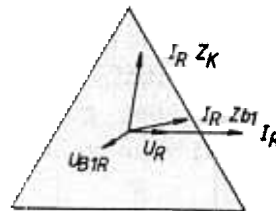
$I_R + K_N I_N$  in anticipo su  $U_{KRN}$   
 $I_R + K_N I_N$  in ritardo su  $U_{KRN}$

Fig. 20 c)  
Relazioni tra le tensioni per guasto fase R-terra che mostrano il metodo di determinare la polarità  $U_{B1R}$  e quindi la posizione della retta BI

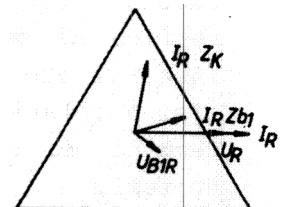


$U_{B1R}$  in anticipo su  $I_R Z_K$

$U_{B1R}$  in ritardo su  $I_R Z_K$



$U_{B1R}$  leads  $I_R Z_K$



$U_{B1R}$  lags  $I_R Z_K$

Resistenza di guasto minore del valore tarato di B1

Resistenza di guasto maggiore del valore tarato di B1

GUASTI TRIFASI

I guasti trifasi vengono misurati dagli stessi elementi di misura dei guasti monofasi a terra.

E' ovvio che, siccome la relazione per determinare la direzione contiene solo quantità di fase, la misura sarà corretta anche per guasti trifasi:

$$0 \leq \arg (U_{TS}) - \arg (I_{R K} Z) \leq 180^\circ$$

Per garantire la direzionalità anche per guasti vicini, e quindi con tensione zero, vi è un circuito di memoria che mantiene la tensione esistente prima del guasto per un tempo sufficiente. Anche la caratteristica per guasti trifasi passerà per il punto (0,0) e sarà spostata quando si considera l'effetto dell'impedenza di sorgente. La memoria dura circa 40 msec. altrimenti il relé richiede circa 3V per una misura direzionale corretta.

Anche la misura di distanza effettuata dagli elementi per guasti monofasi sarà corretta.

Come dimostrato prima la misura consiste nel confrontare le fasi di due segnali (tensioni).

1)  $I_{RN}$  (passata attraverso una resistenza) che ha componenti  $I_R$  e  $K I_N$ . Per guasto trifase  $I_N$  è zero per cui resta solo il termine proporzionale a  $I_R$ .

2)  $U_{KRN}$  è dato da  $U_R - I_R Z_K - K I_N Z_N$ .

Per guasti trifase l'ultimo termine si annulla e quindi:

$$U_{KRN} = U_R - I_R Z_K$$

La relazione di fase per guasti trifase diventa dunque:

$$(180^\circ + \alpha) \leq \arg (U_{KRN}) - \arg (I_R) \leq (360^\circ + \alpha)$$

Questa disequazione rappresenta il confronto di fase tra la tensione replica di sequenza positiva al limite di taratura e la corrente di fase, il che è tipico di tutti questi tipi di misure di distanza. La misura relativa ai blinder per guasti tra fase e terra conteneva solo termini di sequenza positiva e quindi è valida anche per guasti trifasi.

Tutte le misure appena viste vengono effettuate simultaneamente. Una logica statica interna stabilisce quali misure devono avere precedenza, se vi deve essere scatto e se questo deve essere unipolare o tripolare.

### RELE' SELETTORI DI FASE

Oltre agli elementi di misura visti finora che determinano l'esistenza di un guasto, é anche necessario controllare tutte le condizioni che possono portare all'intervento del relé.

Queste informazioni sono usate per determinare la fase guasta e per attivare le logiche sequenziali di guasto del relé.

Questa funzione selettiva viene fatta da tre relé di tipo mho polarizzati in quadratura. La taratura di questi relé é legata alla taratura del 3° gradino e non é regolabile separatamente. Queste caratteristiche sono ottenute con tre confronti di fase. Le tre tensioni di replica, al limite di taratura dei selettori di fase, sono confrontate con un segnale di riferimento derivato dalla tensione di una fase sana.

La taratura dei selettori é circa 120% della taratura del 3° gradino (componente reattiva, con angolo di linea 82°).

Le tre soluzioni sono:

$$0^\circ \leq \arg (U_{K4RN}) - \arg (U_{K4TN}) \leq 180^\circ$$

$$0^\circ \leq \arg (U_{KSN}) - \arg (U_{K4RN}) \leq 180^\circ$$

$$0^\circ \leq \arg (U_{K4TN}) - \arg (U_{K4SN}) \leq 180^\circ$$

Ciascuna delle tensioni  $U_{K4N}$  ha la stessa forma di quella nella misura base di distanza.

$$U_{K4RN} = U_R - I_R Z_{R K4} - K_N I_N Z_{N N4} \quad \text{etc}$$

Questa é la tensione replica di fase a terra per ogni fase al limite di taratura dei selettori di fase.

Queste disequazioni sono analoghe a quelle per i guasti bifasi. Le caratteristiche sono perfettamente direzionali e passano per il vettore che rappresenta  $Z_S$  e  $Z_{K4}$ . Il centro é spostato di circa 30° rispetto all'angolo di linea, come indicato in fig. 21a per un guasto R-N.

Senza impedenza di sorgente i cerchi passano per  $(0,0)$ . Notare che per un guasto R-N le caratteristiche degli elementi S e T non hanno le stesse dimensioni e non sono sfasati di  $120^\circ$ . Questi parametri sono legati in modo complesso alle impedenze di sequenza positiva e a quella d'anello per guasti a terra.

La fase guasta é identificata per mezzo della logica seguente:

Guasto fase R = selettore R opera e non T  
 fase S = selettore S opera e non R  
 fase T = selettore T opera e non S

Ogni guasto che interessa piú di una fase non soddisferà questa logica.

Questo é illustrato in Fig. 21b per un guasto S-T.

Tutti e tre i selettori opereranno indicando che piú di una fase é coinvolta nel guasto.

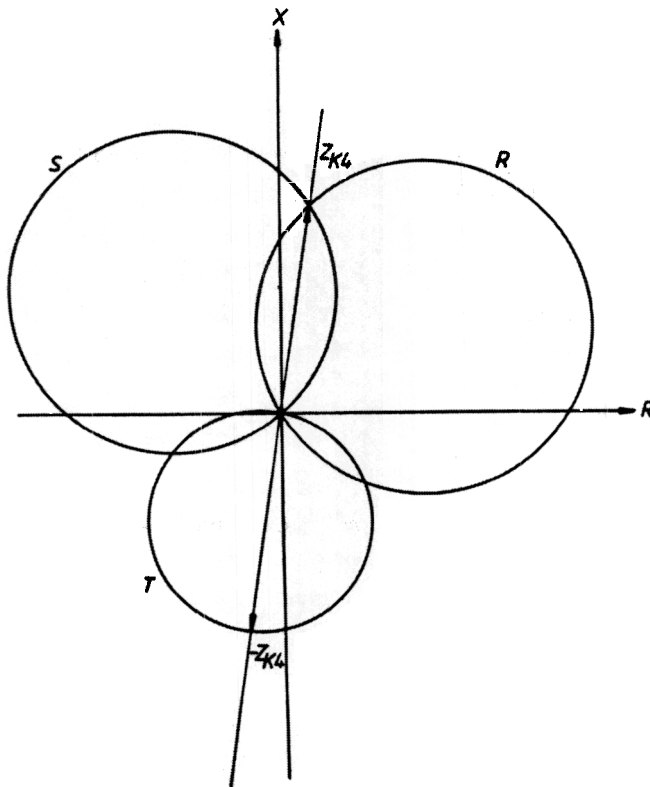


Fig. 21 a)

Caratteristiche dei selettori di fase per guasto R-N ed impedenza di sorgente nulla

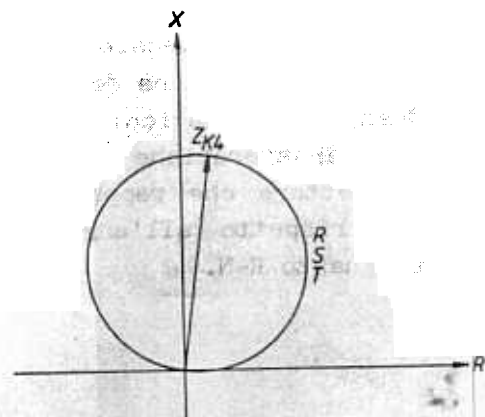


Fig. 21 b)

Caratteristiche dei selettori di fase per guasto S-T ed impedenza di sorgente nulla

TARATURA DEI GRADINI 2° E 3°

La taratura reattiva del 1°, 2° e 3° gradino sono legati tra loro sia per i guasti polifasi che per quelli di fase a terra. Le tre tarature sono date da:

$$X_1 = \frac{f}{I_n} \times \frac{x a}{p_1}$$

$$X_2 = \frac{f}{I} \times \frac{c x a}{p_2}$$

f = frequenza

$$X_3 = \frac{f}{I_n} \times \frac{c x a}{p_2}$$

$p_1$ ,  $p_2$  e  $p_3$  sono le sole regolazioni che sono indipendenti per le tre zone.

La taratura  $\tau_k$  che tiene conto del rapporto X/R della linea è comune ai tre gradini.

Analogamente la correzione di sequenza zero, applicata per misurare correttamente i guasti a terra è fatta con un'unica regolazione di  $K_N$  e  $\tau_N$  cioè:

$$K_N = \frac{X \quad X_1}{3X_1}$$

$$\tau_N = \frac{L \quad L_1}{R \quad R_1}$$

E' quindi evidente che è necessario tarare il secondo e terzo gradino per un rapporto di  $X_1/R_1$  uguale a quello del primo gradino. Lo stesso vale anche per i valori di  $X_0$  e  $R_0$ .

Questo di solito non dà luogo a problemi, tuttavia può accadere che la taratura per guasti a terra in secondo e terzo gradino risulti diversa da quella per guasti polifasi.

Questo accadrebbe se la sottostazione alla fine della tratta protetta contribuisse in modo diverso alla corrente di guasto di sequenza positiva e zero.

Un altro caso sarebbe quello in cui il rapporto  $X/R$  cambiasse in modo drastico a causa di cambiamenti nella geometria della linea.

La taratura sulla direzione resistiva  $R_b$  è costante per tutti e tre i gradini ed è indipendente anche dai fattori di sequenza zero  $K_N$  e  $\tau_N$ .

La retta che definisce  $R_b$  è parallela a  $Z_{K1}$  nel piano  $(R, jX)$  ed il valore di taratura è quello individuato dalla sua intersezione con l'asse  $R$ .

Poiché il rapporto  $X_0/R_0$  è solitamente inferiore a  $X_1/R_1$ , la fig. 22a mostra che un dato valore di  $R_b$  darà meno margine di copertura, per guasti fase-terra al limite di taratura che non per guasti vicini. Analogamente i margini per il secondo e terzo gradino potranno essere diversi da quelli del primo gradino, come indicato in fig. 22b.

#### COPERTURA PER GUASTI ALLE SPALLE, GUASTI TRIFASI E MONOFASI

Come già descritto le unità di misura reattive per guasti monofasi sono perfettamente direzionali. La copertura alle spalle, che dipende dall'impedenza di sorgente, è solo apparente.

Siccome è opportuno avere copertura per guasti alle spalle, soprattutto per guasti trifasi, viene aggiunto un altro elemento di misura con caratteristica reattiva.

Un altro motivo per avere copertura alle spalle è nel caso di sistemi di telepilotaggio secondo la logica di blocco, per chiusura su guasto e per altre funzioni di controllo.

La caratteristica è data dal confronto di fase secondo la relazione:

$$\alpha \leq \arg U_{B2R} - \arg I_R \leq 180^\circ + \alpha$$

$U_{B2R}$  è la tensione usata per la retta limitatrice sull'asse delle resistenze negative ed è:

$$U_{B2R} = U_R - I_R Z_{R B2}$$



Questa equazione rappresenta una retta con pendenza negativa. La pendenza é fissata a  $6^\circ (\pm 2^\circ)$  e la caratteristica é indicata con  $L_4$  in fig. 23.

La logica interna del relé lega questa caratteristica a quella delle rette limitatrici e dei selettori di fase in modo da avere un segnale di uscita quando il guasto si trova nell'area delimitata dalle linee continue di fig. 23.

La retta  $L_4$  interseca l'asse delle X ad un valore di reattanza pari a  $25\% + 40\%$  di  $R_b$ .

Questo campo di variazione é dovuto alle caratteristiche costruttive del relé e non ha alcuna importanza pratica.

Il valore non é tarabile ma può essere modificato agendo sul valore di  $R_b$ .

Notare che questa copertura alle spalle é influenzata solo dall'impedenza di sequenza positiva, quindi la sua efficacia é ulteriormente ridotta nel caso di guasti fase-terra.

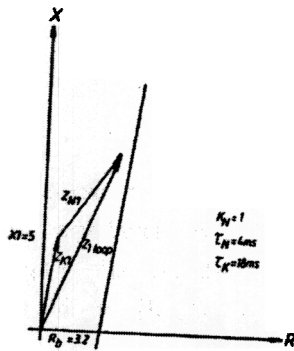


Fig.22a) Margini su resistenza d'arco. L'intersezione di B1 su R può non indicare il vero margine resistivo per guasti all'estremità della linea protetta.

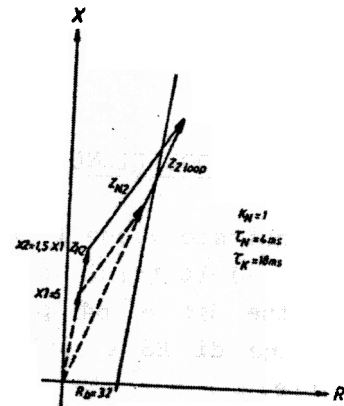


Fig.22b) Possibile riduzione dell'effetto della taratura  $R_b$  in  $2^\circ$  gradino. La taratura resistiva deve tener conto della copertura necessaria per tutti i gradini (scale arbitrarie)

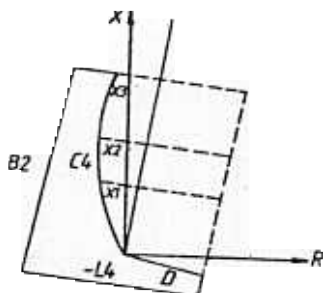


Fig.23 Taratura alle spalle del relé con caratteristica reattiva per telepilotaggio con logica di blocco.

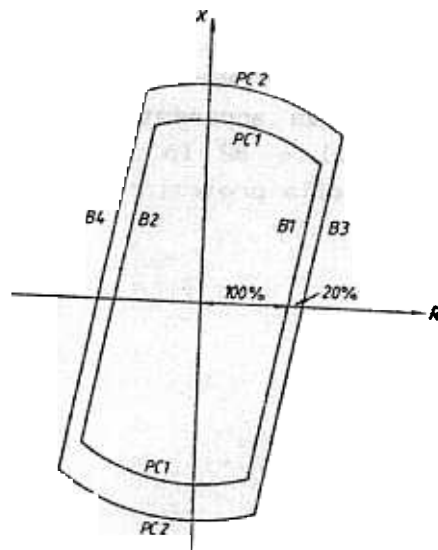


Fig. 24 Caratteristica del relé antipendolante

COPERTURA PER GUASTI ALLE SPALLE, GUASTI FASE-FASE E FASE-TERRA

La caratteristica di tipo mho usata per rivelare i guasti fase-fase non vede i guasti alle spalle.

Quando sia necessario rivelare guasti bifase alle spalle é necessario aggiungere un relé di massima corrente di sequenza inversa.

Logica interna stabilisce poi se questa corrente di sequenza inversa é associata ad un guasto nella direzione normale di scatto o alle spalle.

Analogamente, questa corrente di sequenza inversa con relativa logica, é usata per assicurare le funzioni di blocco per guasti fase-terra.

Come detto in precedenza la caratteristica L<sub>4</sub> assicura una copertura troppo limitata per guasti fase-terra per cui é necessario estenderla con il metodo appena descritto.

Quando questa funzione viene richiesta per schemi di telepilotaggio con logica di blocco la logica viene inclusa nel relé.

La sensibilità di questa soglia di massima corrente non é tarabile ed é pari al 30% della corrente nominale.

RELE' ANTI PENDOLAZIONE

Quando richiesto viene fornito anche un relé di blocco antipendolante. Le rette limitatrici B1 e B2 vengono utilizzate insieme a due nuove rette B3 e B4 per ottenere la caratteristica di Fig. 24. La taratura di B3 e B4 é pari a 120% di quella di B1 e B2 e non é tarabile.

La taratura sugli assi X e -X é definita dai cerchi PC1 e PC2 ed é limitata a 4 valori ottenuti spostando il ponticello K3 sulla scheda B11. I valori possibili sono 5,10,20 e 40 ohm per relé da 5A (ved. Fig. 8b per la posizione dei ponticelli).

Quando il punto di funzionamento del sistema entra nella zona delimitata da PC3, B3 e B4 viene avviato un temporizzatore tarato a 35-40 msec.

Se vi é guasto nella zona di intervento del relé definita da B1 e B2 il relé misurerà in meno di 35-40 msec. e si avrà scatto. Se l'impedenza apparente non muove all'interno dell'area delimitata da PC1, B1 e B2 in 35-40 msec. si avrà invece blocco di tutti i gradini della protezione per 2 sec.

Poiché le pendolazioni durano solitamente meno di 1 sec. non si avrà scatto intempestivo neppure se l'impedenza apparente attraverso il primo gradino.

Prego notare che l'uso del relé antipendolazione limita il massimo carico che si può trasmettere, poiché B3 deve essere tarato al 120% di B1. Se l'impedenza di carico entrasse nella zona delimitata da B3, B4 il relé sarebbe bloccato in caso di guasto per 2 sec.

#### RICHIUSURA (Interfaccia)

Il relé di interfaccia tipo RXMBBI in posizione 1113 contiene 3 relé da 5 msec., due dei quali sono già internamente collegati per interfacciarsi con un dispositivo di richiusura esterno.

Il terzo relé più un relé tipo dry-reed sono a disposizione dell'utilizzatore.

Uno dei relé da 5 msec. viene eccitato non appena il relé scatta e viene usato per iniziare la richiusura, sia di tipo istantaneo che ritardato.

L'altro relé da 5 msec. viene eccitato in caso di scatto in 2° e 3° gradino e può essere usato a bloccare la richiusura.

In posizione 1119 vi è un altro relé tipo RXMBBI che contiene 5 relé tipo dry-reed da 1 msec. più un relé da 5 msec. a disposizione.

Uno dei relé reed viene eccitato da un contatto del relé di richiusura e cambia lo scatto da monofase a trifase.

Questa funzione è ovviamente usata solo in caso di relé con scatto unipolare.

E' necessario usare questo accorgimento nel caso, peraltro normale, di TV sul lato linea, poiché dopo uno scatto monofase non si avrà tensione su una delle fasi.

Un secondo guasto su una delle fasi sane verrà rivelato correttamente, mentre la selezione della fase guasta può essere ambigua.

Da qui la necessità di uno scatto trifase.

Questa logica non è necessaria in caso di richiusura rapida, poiché una logica interna predispone lo scatto trifase per 3 sec. dopo ogni scatto.

TEMPI DI INTERVENTO

Il tempo di intervento é influenzato da sei fattori, quando essi sono tutti favorevoli RAZFE darà uno scatto in meno di 1/2 ciclo. Questi 6 fattori ed il loro effetto sono:

- 1) Angolo di incidenza del guasto.  
Può causare un ritardo di 1/2 ciclo.
- 2) Corrente di guasto. Valori bassi di corrente, prossimi a 10% di I nominale possono causare ritardi massimi di 1 ciclo.
- 3) Tensione di guasto. Non vi é relazione diretta tra tempo di intervento e valore della tensione di guasto.
- 4) Prossimità al limite di taratura. Quando l'impedenza di guasto é prossima al valore di taratura si può avere un ritardo di 1/2 ciclo.
- 5) Filtro dinamico per TVC. Il filtro, quando attivato, può causare un ritardo di 1/4 - 3/4 di ciclo.
- 6) Saturazione dei TA prima dell'intervento del relé.  
Non ha effetto pratico. Nel caso di moderata saturazione il ritardo introdotto sarà trascurabile. Nel caso di saturazione grave il ritardo massimo sarà di 1/2 ciclo.

E' ovvio che le sei condizioni descritte non possono essere correlate in modo semplice. Vi sono relazioni tra le condizioni che fanno in modo che gli effetti non siano cumulativi.

Il modo migliore di misurare la rapidità di intervento é quello di usare una apparecchiatura di prova in grado di analizzare le caratteristiche dinamiche del relé.

ERRORE DI ALLUNGAMENTO

L'errore di allungamento é dovuto a tre cause:

- 1) Caratteristiche RAZFE:  
il metodo di misura usato limita tale errore in primo gradino a circa il 5% in tutti i casi reali. Questo vale per tutti gli angoli di guasto e non solo in corrispondenza dell'angolo caratteristico del relé.

## 2) Trasformatori di corrente:

un TA saturato da una corrente asimmetrica ( o dal flusso residuo) tende a causare un errore di allungamento.

Il tempo necessario ad un TA per saturare dipende dalla costante di tempo del sistema, dal rapporto X/R della linea e dall'angolo di innesco del guasto, oltre che da altri fattori di minor importanza. Quindi, quando vi é errore d'allungamento dovuto alla saturazione dei TA, é probabile che il relé nella tratta seguente abbia già eliminato il guasto in primo gradino.

## 3) TVC:

il transitorio proprio dei TV capacitivi tende a causare anch'esso un errore d'allungamento. Questo é vero solo per guasti vicini e con tensione inferiore a circa 25V. Questo effetto é prevedibile (al contrario di quello dovuto alla saturazione dei TA che é praticamente casuale).

RAZFE ha un filtro dinamico che interviene quando la tensione é inferiore al 15% della nominale se la corrente é inferiore a 10 volte la nominale. Ciò permette di minimizzare questa causa d'errore.

Le caratteristiche direzionali non sono influenzate dal comportamento transitorio dei riduttori di misura, quando questi siano stati dimensionati in modo normale.

RAZFE é stato realizzata in modo da garantire un errore di allungamento in primo gradino inferiore al 10% (errore dinamico) con riduttori di misura dimensionati in modo convenzionale.

DETERMINAZIONE DELLA TARATURA

RAZFE può essere tarata secondo la pratica corrente dell'utilizzatore. Tuttavia, in considerazione della precisione e del ridotto errore d'allungamento, è possibile tarare il primo gradino al 90% dell'impedenza di linea, sia per guasti di terra che di fase. Questo vale naturalmente se i parametri di linea sono noti con precisione.

La taratura dei 3 gradini deve tener conto dei seguenti parametri

- a) Impedenza neutra di sequenza zero tra linee parallele.
- b) Errori nei riduttori di misura, soprattutto in regime transitorio.
- c Differenze nelle impedenze di fase dovute alla mancata trasposizione di linea.  
La differenza tra i vari anelli di guasto può essere del 5-10%.
- d) L'effetto di angoli di carico notevoli tra le estremità della linea in caso di guasti con elevata resistenza.
- e La differenza tra gli angoli dell'impedenza di sequenza zero alle due estremità di una linea alimentata da ambo i lati.
- f) Errori derivanti dalla determinazione dell'impedenza di sequenza zero e del relativo fattore di compensazione  $K_N$ .

Il secondo gradino è solitamente tarato al 120% dell'impedenza di linea. Di solito la taratura del secondo gradino non deve superare l'80% del primo gradino della linea seguente più breve. Il terzo gradino è di solito tarato al 120% della linea seguente più lunga. Le tarature di cui sopra valgono anche nel caso di impiego di sistemi di telepilotaggio.

In questo caso tutti i necessari intervalli di coordinazione sono già inclusi in RAZFE.

Nel caso di telepilotaggio con logica di blocco l'avviamento della trasmissione è dato da circuiti interni alla protezione. Il segnale di blocco per guasti fase-fase è dato da un relé di corrente di sequenza negativa, che ha una taratura fissa del 30% della  $I$  nominale.

Il segnale di blocco per guasti fase-terra é inoltre fornito anche da un elemento di misura con caratteristica reattiva che guarda alle spalle. La taratura di questo elemento di avviamento é legata alla taratura  $R_b$  della retta limitatrice  $B_1$ , ed é del 25% - 40% di  $R_b$ . La taratura é approssimata ed il valore esatto si può determinare rilevando la caratteristica sperimentale.

La limitazione del campo di taratura é solo apparente, poiché non é necessario tarare il relé all'altra estremità della linea con un gradino particolarmente lungo, per assicurare un intervento rapido come era nel caso dei relé elettromeccanici.

Relé di massima corrente di sequenza zero non sono di solito usati per avviare segnali di blocco ma possono essere forniti a richiesta.

I passi seguenti sono consigliati per determinare le tarature dei vari elementi.

- 1) Conversione delle impedenze di linea in valori secondari secondo la formula:

$$Z_{\text{sec}} = Z_{\text{pri}} \frac{\text{TA rapporto}}{\text{TV rapporto}} \quad \text{ohm}$$

Nel seguito verranno usate sempre impedenze secondarie tranne quando indicato diversamente.

- 2) Calcolo dell'impedenza di linea di sequenza positiva:

$$Z_1 = R_1 + jX \quad \text{ohm/fase}$$

- 3) Calcolo dell'impedenza di linea di sequenza zero:

$$Z_0 = R_0 + jX \quad \text{ohm/fase}$$

- 4a) Stabilire la massima resistenza di guasto.

Questa si compone di due parti, la resistenza d'arco e quella di messa a terra della torre. Si può calcolare una caduta d'arco di circa 1200 V/m.

Un arco lungo una catena di isolatori ha una lunghezza di circa 2-3 volte la lunghezza della catena.

Per trovare la resistenza relativa basta dividere questa caduta di tensione per la minima corrente che fluirà verso il guasto dal terminale interessato:

$$R_{\text{arco}} = \frac{1200 \times \text{lunghezza arco in m}}{\text{corrente minima dal terminale}}$$

Se si vuole anche considerare la resistenza di messa a terra è necessario tener conto di dati empirici determinati caso per caso.

- 4b) Calcolare il massimo carico ammissibile con la resistenza di guasto a terra appena calcolata:

$$MW = \frac{3 \text{ (kV)}^2 \text{ fase-terra}}{R_{\text{arco}} + R_{\text{terra}}}$$

E' consigliato un carico massimo pari al 60% del valore appena calcolato.

Un modo alternativo é di considerare il massimo carico che si vuole trasmettere, ridurlo al 60%, e da questo valore calcolare la resistenza per guasti a terra che si può coprire, con opportuni margini.

Oltre a considerare il massimo carico ammissibile può essere opportuno, quando si vogliono elevate tarature resistive, calcolare il massimo carico in regime transitorio. La fig. 25 illustra una costruzione grafica in proposito.

Nel piano (R, jX) tracciare la linea protetta A-B. Tracciare poi le impedenze di sorgente A-S e B-R, alle spalle dei terminali A e B rispettivamente.

Determinare il massimo carico possibile P.

L'impedenza equivalente al carico é data da:

$$Z_{\text{equiv.}} = \frac{3 \text{ (kV)}^2 \text{ fase - terra}}{\text{MVA}}$$

Questo carico giacerà approssimativamente sulla bisettrice perpendicolare al segmento S-R, se le tensioni  $E_S$  e  $E_R$  hanno moduli uguali. L'angolo tra PR e P-S é l'angolo tra le tensioni delle due sorgenti equivalenti e verrà usato in seguito per definire la resistenza di guasto vista dal relé.



Costruire un cerchio di diametro RS.

Il punto SSSL, dove il cerchio interseca la retta di carico, è il punto limite di stabilità in regime permanente. In questa condizione l'angolo tra le due sorgenti sarà di  $90^\circ$ . Individuare il punto TSL, limite di stabilità transitoria, in cui l'angolo tra le tensioni delle sorgenti è di  $120^\circ$ . Durante le perturbazioni del sistema il punto P si sposterà lungo la retta di carico.

Se il punto P non supera il punto TSL il sistema ha delle probabilità di superare la perturbazione. Se il punto P supera TSL il sistema è instabile, ed il punto P continuerà a spostarsi verso sinistra, mentre il sistema salterà un polo tra le due sorgenti di generazione. La costruzione sopra esposta è approssimativa perché:

1 Non si è tenuto conto delle perdite del sistema.

2  $E_R \neq E_S$

3) Le impedenze di sorgente cambiano anche notevolmente durante le perturbazioni.

Ciononostante questo tipo di soluzione grafica fornisce indicazioni sul comportamento del sistema, che possono agevolare la taratura della retta  $B_1$  da un punto di vista di carico e di resistenza di guasto.

Con la costruzione di fig. 25 è chiaro che un valore di  $R_b$  circa uguale alla taratura del primo gradino sarebbe adeguata sia dal punto di vista del massimo carico che da quella dell'impiego eventuale di un relé antipendolante.

Se la linea A-B è breve questa taratura può dare una copertura resistiva insufficiente. D'altro canto l'impedenza di sorgente saranno in proporzione maggiori e si può vedere dalla costruzione di fig. 25 che questo permetterà una taratura di  $R_b$  maggiore. Non è necessario localizzare la retta  $B_1$  a sinistra del punto SSSL se non si prevede che il punto di carico  $P_1$  non lo raggiunga tranne che durante una pendolazione. Il criterio di taratura è che  $B_1$  deve essere a sinistra di AP del 25-50%.

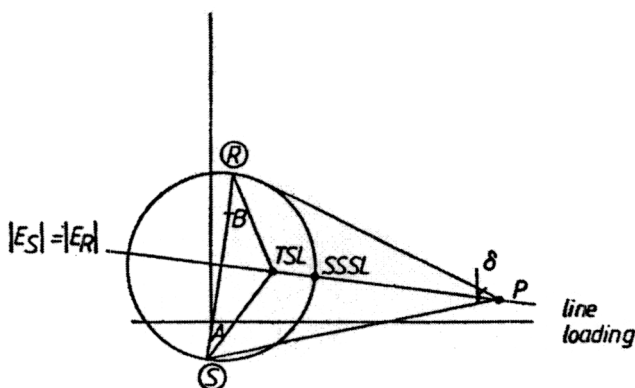


Fig. 25

Metodo grafico per determinare il limite massimo di carico transitorio

SSSL = limite di stabilità in regime permanente

TSL = Limiti di stabilità transitorio

Quando si considera la resistenza di guasto l'angolo  $\delta$  influenzerà l'impedenza vista dai due relé. La caduta di tensione nell'arco sarà in fase con la corrente e praticamente indipendente dal valore di corrente. Quindi se le correnti fornite dalle due sorgenti fossero in fase non sorgerebbero problemi. Se invece l'angolo tra le correnti fosse grande la corrente nell'arco sarebbe sfasata rispetto ad entrambe.

La tensione d'arco potrebbe essere immaginata come avente una componente induttiva rispetto alla corrente in anticipo ed una capacitiva rispetto a quella in ritardo.

Questo fatto, in relé con caratteristica puramente reattiva, causerà un errore di allungamento ad una estremità della linea, mentre il relé all'altro capo farà un errore in difetto.

L'inclinazione di  $-6^\circ$  della caratteristica di RAZFE riduce l'errore di allungamento in modo sostanziale.

Quando questo errore divenisse importante é anche possibile accorcicare il primo gradino all'80% dell'impedenza di linea solo per i guasti di terra.

Questo si ottiene, senza influenzare la taratura per i guasti di fase, se si usa un valore  $K_N$  inferiore a quello corretto.

Resistenze di guasto in generale daranno luogo ad effetti simili. E' possibile calcolare accuratamente il comportamento del relé ma é difficile dare indicazioni generali a causa di molti parametri da considerare.

5)

Scegliere i coefficienti di taratura per il primo gradino, reattanza di sequenza positiva

a) la relazione di taratura é:

$$X_1 = \frac{f}{I_n} \times \frac{c \times a}{P_1}$$

$X_1$  = reattanza di sequenza positiva della linea da proteggere

$f$  = frequenza nominale 50 o 60 Hz

$I_n$  = corrente nominale 1,2 o 5A

$a$  = coefficiente di valore 1,2,4,8,16 o 32

$c$  = coefficiente di valore 0.5 o 2

$p_1$  = coefficiente di valore 50-99

Una guida alla selezione di valori specifici é data in seguito. In alternativa la taratura può essere ottenuta rapidamente dalla tabella III.

- 1) Porre "c" a 0.5 per reattanza desiderata a  $X_1$  minore di 3.06 ohm.  
Porre "c" a 2 per  $X_1$  maggiore di 3.06 ohm.
- 2) Porre  $P_1 = 99$  e risolvere la relazione rispetto ad "a", usando poi il valore immediatamente inferiore a quello calcolato.
- 3) Risolvere la relazione rispetto a  $p_1$  con i valori di "c" e "a" ottenuti.
- 4) Verificare che, con i valori appena calcolati, si ottenga la reattanza  $X_1$  voluta.  
Il valore dovrebbe essere entro lo 0.5 - 1% di quello desiderato.

USO DELLA TABELLA III

- 1 In corrispondenza della corrente nominale scegliere il campo di  $X_1$  voluto.
- 2 Ricavare i relativi valori di "a" e "c"
- 3) Calcolare  $p_1$  dalla relazione

$$p_1 = \frac{X_1 \text{ (a } p_1 = 100\%)}{X_1 \text{ voluto}} \times 100$$

Tabella III

Guida alla taratura per relé a 50 Hz che dà valori medi di  $P_2$  e  $P_3$ .

In	$X_1$	a	c
5A	0.051-0.01	1	0.5
	0.101-0.2	2	0.5
	0.202-0.4	4	0.5
	0.404-0.8	8	0.5
	0.808-1.6	16	0.5
	1.617-3.2	32	0.5
	3.233-6.4	16	2
	6.47-12.8	32	2
1A	0.25 - 0.5	1	0.5
	0.508-1	2	0.5
	1.008-2	4	0.5
	2.017-4	8	0.5
	4.04-8	16	0.5
	8.083-16	32	0.5
	16.166-32	16	2
	32.333-64	32	2

- b) Porre la costante  $\tau_k = X/R$  linea scegliere il valore della tabella I più prossimo in eccesso.

- c Assicurare una capacità di carico sufficiente in base ai criteri esposti al punto 4.

Usando un fattore di sicurezza 2 tarare la caratteristica  $B_1$ :

$$R_b = \frac{3 \text{ (kV)}^2 \text{ fase-terra}}{2 \times \text{MW}} \times \frac{I_A}{I_V} \text{ rapporto}$$

Calcolare il valore di "b" preliminare dall'equazione:

$$R_b = \underline{b}$$

dove

MW = massima potenza attiva desiderata.

2 = fattore di sicurezza per garantire questo carico al 70% della tensione nominale.

$I_N$  = corrente nominale 1, 2 o 5A

b = 2,4,8,16,32,40 o 50

- 6) Scegliere i coefficienti di taratura per i guasti a terra in primo gradino.

- a) Scegliere il fattore di compensazione di sequenza zero  $K_N$  dato dalla relazione:

$$K_N = \frac{X_0 - X_1}{3X_1}$$

dove  $X_1$  e  $X_2$  sono le reattanze della linea da proteggere. Scegliere il valore di  $K_N$  più vicino tra i valori: 0.5, 0.6, 0.8, 0.9, 1, 1.1.

- b) Porre l'angolo caratteristico del relé uguale a quello della impedenza d'anello della linea:

$$\varphi_N = \frac{L_0 - L_1}{R_0 - R_1} = \frac{X_0 - X_1}{(R_0 - R_1) w}$$

Scegliere  $\tau_n$  della tabella I.

- c) Determinare il valore di "b" voluto per tener conto della resistenza di guasto risolvendo:

$$b = R \times I_n$$

dove R é la resistenza di guasto determinata al precedente punto 4.

"b" può essere posto ad uno dei valori seguenti: 2,4,8,16, 32,40,50.

- d) Verificare che il valore di "b" calcolato in 6c) sia inferiore a quello calcolato tenendo conto del massimo carico in 5c).

NOTA 1: Il valore di  $R_b$  non é legato alla componente resistiva dell'impedenza di linea. Di questa componente si é già tenuto conto nelle tarature  $\tau_k$  e  $\tau_n$ . Il valore di  $R_b$  rappresenta la copertura addizionale che tiene conto della resistenza d'arco e di terra.

NOTA 2: Quando é richiesto di coprire una resistenza di terra particolarmente elevata il valore di  $R_b$  può essere ridotto, in modo da migliorare la possibilità di carico della linea scegliendo di proposito un valore di  $\tau_k$  inferiore alla costante di tempo della linea, riducendo anche il valore di  $X_1$ .

$R_b$  é allora tarato ad un valore inferiore, ma ancora sufficiente a coprire l'impedenza d'anello di guasto, inclusa la resistenza di terra. Siccome la retta limitatrice ha anch'essa una inclinazione data da  $\tau_k$ , parallela all'impedenza tarata, il risultato pratico é di intersecare l'asse R più vicino all'origine, permettendo un maggiore carico.

Questa taratura riduce anche un poco l'errore di allungamento con correnti molto asimmetriche.

Nota 3: La taratura reattiva del relé non dipende dai valori di  $\tau_k$  e  $\tau_n$  prescelti tuttavia, se per qualche motivo si scelgono costanti di tempo diverse da quelle di linea, può essere opportuno modificare la taratura reattiva. Questo perché la caratteristica è inclinata di  $-6^\circ$  ( $\pm 2^\circ$ ) mentre la taratura reattiva è esatta solo in corrispondenza della costante di tempo tarata (angolo caratteristico). Anche la taratura degli elementi di misura per guasti bifasi è soggetta a simili considerazioni.

7) Determinare i parametri di taratura per il secondo gradino, impedenza di sequenza positiva.

a) La taratura in termini di sequenza positiva è di solito posta al 120% della reattanza di linea. I parametri sono gli stessi del primo gradino, con la differenza che al posto di  $p_1$  verrà regolato il potenziometro  $p_2$ . Se il primo gradino è stato tarato all'80%, ad esempio, della reattanza di linea per ottenere una taratura corrispondente al 120% basta ridurre il fattore  $p_2$  nel rapporto 80/120 cioè  $p_2 = 2/3 p_1$ .

8) Verificare che la taratura del secondo gradino per i guasti di terra sia adeguata.

La taratura sarà data da:

$$\frac{p_1}{p_2} \times X1 (k_N + 1)$$

dove  $K_N$  e  $X1$  sono i parametri relativi al primo gradino. Nel caso di linea con caratteristiche uniformi, ed un contributo di sequenza positiva e zero proporzionale da parte della sbarra all'estremità della linea, questa taratura darà un margine uguale a quello calcolato al punto 7).

9) Verificare che la taratura del secondo gradino non superi quella del primo gradino del relé nella tratta seguente.

$$X2 \leq 0.8 (X1L + X1F \times \frac{I_{B1} + I_{B2}}{I_{B1}})$$

dove: X2 é la taratura reattiva del 2° gradino  
 XIL é la taratura di linea  
 XIF é la taratura del 1° gradino seguente  
 $I_1$  é la corrente di sequenza positiva che attraversa il relé da tarare.

$I_{B1}$  é la corrente di sequenza positiva fornita dall'altro terminale per guasto al limite del 1° gradino della tratta seguente. Le condizioni di guasto devono essere quelle che danno un rapporto

$$\frac{I_1 + I_{B1}}{I_1}$$

minimo

Nota 1: Quando il contributo dell'altro terminale é notevole, la sovrapposizione con la protezione seguente é apparentemente modesta. In realtà la linea é protetta sempre con il margine desiderato.

Nota 2: Quando una linea lunga é seguita da una linea corta con modesto contributo della sbarra, può essere difficile garantire un margine del 20% sull'impedenza di linea. E' comunque raccomandato di non ridurre la taratura al disotto del 120% della linea da proteggere.

10) Verificare che la taratura del secondo gradino, per i guasti a terra, non supera quella del primo gradino della tratta seguente. La taratura per i guasti a terra é data da:

$$X2 (K_N + 1 \text{ ohm di anello})$$

L'angolo sarà lo stesso del primo gradino

Nota l'impedenza vista in secondo gradino non sarà per i guasti a terra uguale a quella per guasti di fase a meno che non si verifichino le seguenti condizioni:

1) Rapporti  $Z_0/Z_1$  siano uguali nella linea in questione e in quella seguente

2) I vettori delle correnti di sequenza positiva e zero siano in fase nelle due linee (tenendo conto del contributo della sbarra all'estremità).



- 11 RAZFE risponde a grandezze vettoriali quindi, quando vi sono notevoli differenze nei rapporti X/R delle due linee, o quando il contributo di corrente della sbarra all'estremità della linea è molto sfasato rispetto alla corrente nella linea da proteggere, è bene fare le verifiche di cui sopra in termini di impedenza e non di sola reattanza. E' inoltre sempre opportuno verificare che l'impedenza apparente, vista dal relé in secondo gradino per tutti i tipi di guasto, sia all'interno della retta B1.
- 12 Scegliere i coefficienti di taratura per il terzo gradino in modo analogo a quanto fatto per il secondo.  
 Come già notato il fattore di compensazione  $K_N$  e le costanti di tempo  $\tau_k$  e  $\tau_n$  sono gli stessi per tutti i gradini.  
 Quindi la taratura del terzo gradino in ohm sarà proporzionale al rapporto  $p_1/p_3$ .  
 A seconda dei parametri di linea e del contributo di corrente dell'altra sbarra, l'impedenza vista dal relé può essere diversa da quanto previsto come già discusso in precedenza.

Anche quando il terzo gradino non viene utilizzato è necessario tararlo più lungo del primo e secondo gradino. Questo perché vi sono altre misure di impedenza interne al relé legate a questa taratura. Queste includono i selettori di fase C4, che opereranno in modo corretto purché il terzo gradino abbia una taratura reattiva almeno come segue:

- 1) 120% del secondo gradino
- 2) 50% di  $R_b$

Quando il terzo gradino viene effettivamente usato è lo stesso necessario tararlo almeno come sopra. In aggiunta, se  $\tau_n$  è molto inferiore a  $\tau_k$ , è opportuno rappresentare graficamente  $L_3$  (caratteristica reattiva del 3° gradino) ed  $R_b$  per garantire che vi sia una adeguata copertura della resistenza di terra per tutte le condizioni di guasto previste.

- 13) Scegliere la taratura dei limiti PCI e PC2 delle unità di impedenza del relé antipendolante. Queste unità intersecano le rette B1, B2, B3 e B4. PCI deve essere tarato ad almeno 120% della impedenza data dalla intersezione di X3 con B1.  
 La taratura di PCI non è critica ma dovrebbe essere inferiore a 0.8 x impedenza corrispondente a:

(1 Corrente di carica della linea con estremità aperta

Massima potenza reattiva durante condizioni di carico che portano il punto di funzionamento all'interno di B1, B2.

La taratura é fatta per mezzo del ponticello K3 sulla scheda B11; il ponticello é segnato 1, 2, 4, 8 volte 25/ln ohm.

La taratura di PC2 sar  del 120% di PC1, come il rapporto tra B3 e B1.

Scegliere una taratura per l'unit  di segnalazione di corrente omopolare. Questa unit  é usata solo per prevedere l'avviamento a registratori e localizzatori di guasto e non dovrebbe essere usata come protezione. E' costituita dal rel  RXIEDI in posizione 919 ed é attivato dalla corrente omopolare compensata.

La sua taratura dipende dalla frequenza ed é regolabile con continuit . La sua taratura é fatta col potenziometro Ks nel campo 0.2-2.

Il valore di intervento é dato da:

$$I_N = \frac{100 K_S}{K_N}$$

dove:

$K_N$  é il fattore di compensazione tarato su RAZFE.

$K_S$  é la taratura di RXIED

Di solito si usa una taratura di 20-50% di  $I_N$

- 15) Scegliere una taratura per il temporizzatore di secondo gradino.
- 16) Scegliere una taratura per il temporizzatore di terzo gradino. Se il terzo gradino non é utilizzato questo rel  pu  essere bloccato.

### PROVE

Il rel  RAZFE pu  essere completamente provato usando la cassetta trifase prova-rel  dell'ASEA tipo TURH.

E' possibile naturalmente usare altre cassette di prova, purch  fornisca tensioni e corrente sinusoidali.

L'assenza di distorsione é particolarmente necessaria quando si usano correnti e tensioni regolabili separatamente.

La maggior parte dei valori tarati possono essere verificati con sistemi di prova capaci di fornire tensioni trifasi e corrente monofase. Tuttavia, se si vogliono provare tutte le caratteristiche del rel , é necessario avere tensioni e correnti trifasi.

Nella cassetta tipo TURH é l'impedenza di guasto simulata internamente a generare le correnti e tensioni applicate al relé, come accade nel caso reale con l'impedenza di linea, per cui le distorsioni non hanno alcun effetto.

Gli strumenti usati devono fornire il valore efficace, e non darlo semplicemente come valore calcolato ipotizzando grandezze sinusoidali. Per concludere, in mancanza di sistema di prova trifase, si possono confermare solo i valori di taratura ma non rilevare le caratteristiche del relé. Non é inoltre possibile con i normali sistemi di prova rilevare l'influenza dell'impedenza di sorgente sul relé né la sua caratteristica dinamica.

Nel verificare la taratura del relé é importante ricordare che questa é fatta in termini di reattanza di sequenza positiva in corrispondenza dell'angolo caratteristico di linea. Questa non é uguale all'intersezione della caratteristica reattiva con l'asse delle X, poiché la retta é inclinata di  $-6^\circ$  ( $\pm 2^\circ$ ). La taratura delle rette limitatrici é in termini di resistenza di sequenza positiva con componente reattiva nulla ( $R_b, j0$ ). Per i guasti di terra il relé risponde alla reattanza di sequenza positiva dell'impedenza di guasto. Quindi durante le prove é necessario tener conto della differenza tra la reattanza di guasto  $1/3 (X_1 + X_2 + X_0)$  e la reattanza tarata  $X_1$ . Il legame é dato dal fattore  $K_N$  dove:

$$K_N = \frac{X_0 + X_1}{3 X_1}$$

Applicando queste considerazioni i risultati saranno i seguenti

Nota: per eliminare ogni ambiguità durante la prova del primo gradino, togliere i temporizzatori del 2° e 3° gradino.

1 Guasto trifase o sovraccarico

Se non si ha a disposizione una cassetta trifase, si possono fare le prove seguenti con tensione trifase e corrente monofase.

L'indicazione di guasto del relé sarà monofase.

Con la corrente di prova in ritardo rispetto alla tensione di un angolo uguale a quello caratteristico delle linee  $\varphi_K$  (o a quello tarato) il relé dovrebbe operare a:

$$\frac{U}{I} \quad \text{sen } \varphi_K = X1 \quad \circ$$

$$\frac{U}{I} = \frac{X1}{\text{sen } \varphi_K}$$

dove U ed I sono le grandezze di prova e X1 é la reattanza tarata data da:

$$X1 = \underline{f} \times \underline{c \times a} \quad \text{ohm/fase}$$

Se la corrente é in ritardo di un angolo diverso da quello tarato la reattanza misurata sarà diversa da quella tarata a causa dell'inclinazione della caratteristica.

Questa si può rilevare scegliendo angoli diversi, e costruendo la caratteristica graficamente per punti.

La taratura resistiva si trova analogamente.

Porre U in fase con I, il relé deve operare a:

$$\frac{U}{I} = R_b$$

$R_b$  non è verticale ma è inclinata dell'angolo di taratura. Questa retta può essere tracciata applicando U e I sfasate tra loro e costruendola per punti.

Si dovrebbe trovare una retta parallela a  $Z_k$ .

Con questa procedura si può trovare l'intersezione delle caratteristiche reattive e resistive. Si dovrebbe trovare la caratteristica di Fig. 27a.

La prova si dovrà poi ripetere per le fasi S e T.

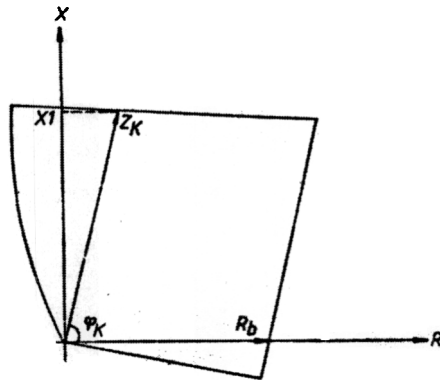


Fig. 27 a

Caratteristica per guasti 3-fasi usando corrente monofase.

## 2) Simulazione dei guasti fase-fase

Consideriamo un guasto R-S (procedura analogo per guasti S-T, T-R).

Con corrente in ritardo rispetto alla tensione dell'angolo  $\varphi_K$  il relé dovrebbe operare quando:

$$\underline{U} \sin \varphi_K = 2X1 \quad \text{o}$$

$$\frac{U}{T} = \frac{2 X1}{\sin \varphi_K}$$

Il fattore  $\sin \varphi_K$  è dovuto al fatto che il relé è tarato in termini della componente reattiva all'angolo di taratura e non di impedenza totale.

Il fattore due é dovuto al fatto che l'anello di guasto é in questo caso dato da  $(X_1 + X_2)$ , (con  $X_1 = X_2$ ) mentre il relé é tarato in termini di  $X_1$  solamente. Con questa prova si determina il punto  $Z_K$ . La caratteristica é circolare di tipo mho passante per l'origine degli assi.

Per un angolo qualsiasi tra U ed I l'impedenza misurata (non la reattanza) sar :

$$\frac{U}{I} = \frac{2 X_1}{\sin \varphi_K} \cos (\varphi_K - \varphi_X)$$

dove  $\varphi_K$  é l'angolo caratteristico e  $\varphi_X$  é l'angolo tra U ed I di prova. Si dovrebbe trovare la caratteristica di Fig. 27B.

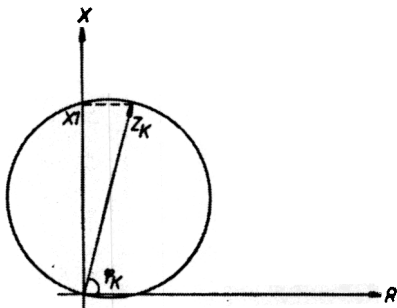


Fig. 27 b  
Caratteristica rilevata e riportata  
sul diagramma di sequenza positiva

Prego notare che con queste prove non si rappresentano veramente le condizioni del sistema, in particolare non si pu  riprodurre l'espandersi della caratteristica dovuto all'effetto dell'impedenza di sorgente. Queste prove servono solo a verificare il tipo di caratteristica in generale.

### 3) Simulazione dei guasti fase-terra.

Per verificare la taratura per questo tipo di guasto é necessario ricostruire l'impedenza dell'anello di guasto,  $Z_{\text{anello}}$ , che é contenuta nelle tarature  $Z_1$ ,  $\tau_K$ ,  $\tau_N$  e  $K_N$ .

#### a) Determinare $R_{IL}$ , $\tau_K$ di taratura

$$R_{IL} = \frac{X_{IL}}{\sin \varphi_K} \times \cos \varphi_K = X_{IL} \cos \varphi_K$$

dove  $\varphi_K$  é l'angolo di linea tarato

b) Determinare  $X_{01}$

$$X_{01} = X_{1L} (3 K_N + 1)$$

dove  $K_N$  é il valore tarato.

c) Determinare  $R_0$

$$\tau_N = \frac{L_{01} - L_{1L}}{R_{01} - R_{1L}}$$

da cui

$$R_0 = \frac{X_{01} - X_{1L}}{\omega \tau_N} + R$$

$$\omega = 377 \text{ a } 60 \text{ Hz e } 314 \text{ a } 50 \text{ Hz}$$

d) Determinare la reattanza dell'anello di guasto di terra

$$X_{\text{anello}} = \frac{2 X_{1L} + X_{01}}{3}$$

e) Determinare la resistenza dell'anello di guasto a terra.

$$R_{\text{anello}} = \frac{2 R_{1L} + R_{01}}{3}$$

f) Determinare la copertura della resistenza d'arco.

$$R_b = \frac{b}{n}$$

g) Determinare l'impedenza dell'anello di guasto (fase-terra), a meno della compensazione d'arco.

$$\tan \varphi_{\text{anello}} = \frac{X_{\text{anello}}}{R_{\text{anello}}}$$

$$Z_{\text{anello}} = \frac{X_{\text{anello}}}{\sin \varphi_{\text{anello}}}$$

Con la corrente in ritardo sulla tensione dell'angolo, relé dovrebbe intervenire quando  $\varphi_{\text{anello}}$ , il

$$U \sin \varphi_{\text{anello}} = X_1 (1 + K_N) I$$

$$U = X_1 \frac{(1 + K_N) I}{\sin \varphi_{\text{anello}}}$$

$$X_1 = \frac{U \sin \varphi_{\text{anello}}}{I (1 + K_N)}$$

La caratteristica reattiva per guasti fase-terra avrà la stessa inclinazione  $-6^\circ (\pm 2^\circ)$  della caratteristica per guasti trifasi.

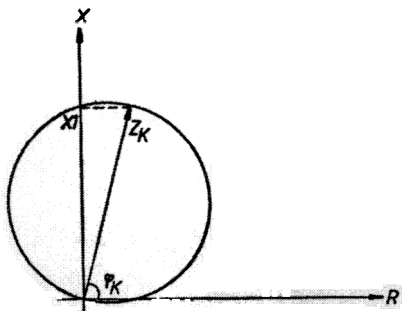


Fig. 27 b  
Caratteristica rilevata e riportata  
sul diagramma di sequenza positiva



Questo può essere verificato variando l'angolo di fase tra U ed I e tracciando i punti di intervento U/I in funzione dell'angolo.

Notare che l'impedenza misurata U/I è quella dell'anello di guasto  $1/3 (Z_1 + Z_2 + Z_0)$ .

Per rappresentarla nel piano delle impedenze di sequenza positiva (R, jX) si devono dividere i valori di prova U/I per  $(I + K_N)$  che è il fattore di proporzionalità per i guasti fase-terra.

Fatto questo la retta trovata dovrebbe coincidere con quella per i guasti trifasi.

Questa caratteristica deve intersecare la retta B1 individuata da  $R_b$ . Prego notare tuttavia che B1 non dipende dal valore di  $K_N$ , quindi i valori di U/I trovati per tracciare quest'ultima retta non devono essere divisi per  $(I + K_N)$ .

La figura 27c illustra i parametri fondamentali che servono a riconciliare i valori di prova con le tarature effettuate.

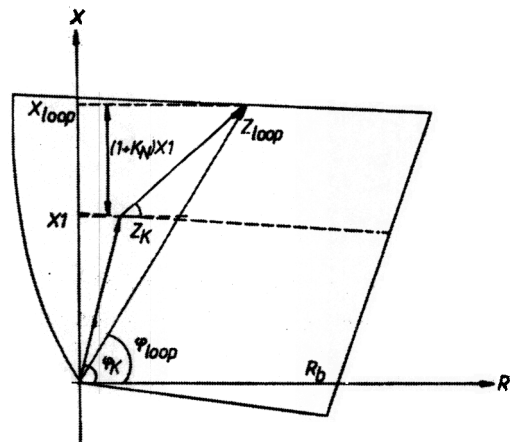


Fig. 27 c)

Caratteristica rilevata e riportata sul diagramma di frequenza positiva

#### 4) Simulazione del relé antipendolante.

La taratura del relé antipendolante ha un rapporto fisso del 120% con la retta B1. Queste due rette sono intersecate da PCI e PC2, che sono di solito tarate almeno a 2 volte  $R_b$ . Anche la retta B2 è tagliata da PCI.

La configurazione per provare la funzione di blocco del relé antipendolante è quella per trovare i guasti trifasi con tensione trifase ma corrente monofase. La corrente deve essere quella della fase S. Bisogna fare attenzione a non eccedere una corrente pari a 3 volte la nominale.

Porre la tensione in fase con la corrente aumentare lentamente la corrente fino all'intervento del primo gradino, ridurre la corrente del 25%. Si dovrebbe notare il ripristino di B1 e B3. Aumentare improvvisamente la corrente allo stesso valore di prima, si dovrebbe ottenere uno scatto istantaneo in 1° gradino.

Ridurre la corrente al valore di ripristino. Aumentare la corrente al valore di intervento di 1° gradino in due gradini circa uguali. Una esitazione di 35-40 msec. sul primo gradino di corrente dovrebbe risultare in scatto istantaneo quando si aumenta la corrente al secondo valore.

Con una esitazione di oltre 40 msec. sul primo gradino il relé dovrebbe essere bloccato per 2 sec. anche dopo il secondo aumento di corrente ed il relé vede un guasto in primo gradino.

Esitare sul 1° gradino di corrente per più di 2 sec., il relé dovrebbe bloccare per altri 2 sec. quando si aumenta la corrente al secondo valore, entrando nella zona di intervento del 1° gradino.

La fig. 27d mostra le relazioni tra le varie caratteristiche.

Il funzionamento della curva PC1 e PC2 può essere provato analogamente ponendo la corrente di prova a  $\pm 90^\circ$  dalla tensione della fase S-neutro

5)

Simulazione di guasto in 2° gradino.

Introdurre il temporizzatore di 2° gradino regolato al minimo per abbreviare le prove.

Ripetere le prove già fatte per guasti trifasi, fase-fase e fase-terra. Le stesse formule usate per il 1° gradino sono ancora valide. Non è necessario fare prove sul relé antipendolante poiché la sua caratteristica non è controllata dal temporizzatore.

Bisogna inoltre verificare la taratura della compensazione d'arco. Se  $t$  è inferiore a  $t_N$ , come di solito, è possibile che il limite imposto dalla retta B1 riduca di molto la copertura della resistenza d'arco, come già descritto in fig. 22a e b.

6)

Simulazione dei guasti in 3° gradino.

Inserire il temporizzatore relativo a ripetere le prove del punto 5). Anche in questo caso è necessario controllare la copertura della resistenza d'arco.

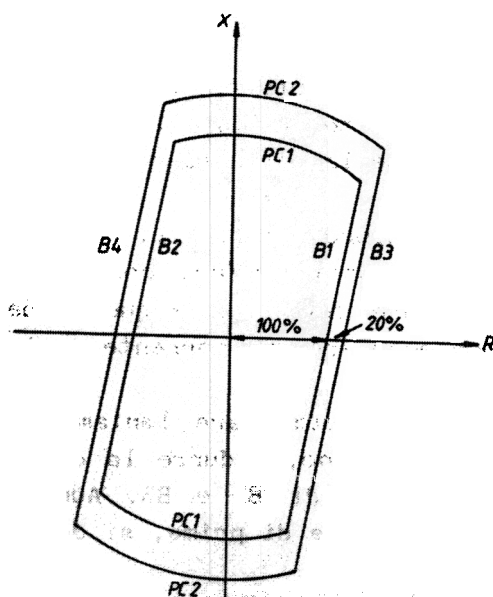


Fig. 27 d) Caratteristica del relé antipendolante

7)

Rilevamento della caratteristica dei selettori di fase per guasti a terra.

Questi selettori sono già stati in pratica controllati durante le prove di guasto a terra.

Per effettuare una prova più diretta simulare un guasto a terra in terzo gradino.

Porre la corrente a  $90^\circ$  in ritardo sulla tensione e trovare l'intersezione della caratteristica del terzo gradino con l'asse X.

Fare la corrente ancora più in ritardo e trovare la caratteristica del terzo gradino nel secondo quadrante.

Con un valore di  $t_k$  equivalente a  $82^\circ$  con corrente in ritardo di circa  $100^\circ$  sulla tensione la corrente richiesta per l'intervento sarà superiore a quella trovata in  $3^\circ$  gradino.

Ciò indica che si è sulla caratteristica mho (cerchio C4).

Si possono trovare in modo analogo i limiti del  $2^\circ$  e  $1^\circ$  gradino nel secondo quadrante.

Questi tre punti danno una indicazione della caratteristica mho dei selettori di fase.

8)

Simulazione del guasto bifase a terra.

La caratteristica di RAZFE dipende per guasto bifase a terra dipenderà dalla posizione del guasto e dall'impedenza di sorgente dietro al relé. Tuttavia in ogni caso RAZFE misurerà correttamente l'impedenza di sequenza positiva fino al punto di guasto per mezzo del metodo di misura già descritto.

Se si desidera effettuare tale prove si deve disporre di un prova relé trifase. Si simula un guasto bifase al limite di intervento del relé aggiungendo poi un guasto a terra e verificando che il relé non intervenga. Si applica poi un guasto fase-fase appena all'interno della zona di intervento, si verifica quindi che l'aggiunta di un guasto a terra faccia ripristinare il relé.

Un'altra prova è necessaria per verificare il funzionamento del relé per guasti bifasi a terra vicini.

Come descritto in precedenza, un guasto del genere può bloccare l'intervento del relé per guasti bifasi se il contributo di corrente di sequenza omopolare della sorgente dietro al relé è molto maggiore del contributo di sequenza positiva.

In tali casi però opereranno ambo i relé fase-terra.

Per verificare questa condizione simulare un guasto con le opportune proporzioni di impedenza di sorgente di sequenza omopolare e positiva. Quando il punto di guasto viene mosso verso il relé le indicazioni della RAZFE non cambieranno poiché la logica interna farà sì che l'intervento di due elementi fase-terra venga interpretata come un guasto bifase. Per esaminare in dettaglio questa logica è necessario utilizzare la speciale scheda che dà tutti i segnali di stato.

#### Considerazioni sull'impedenza di sorgente

Come menzionato poc'anzi, facendo le prove con tensioni trifasi una corrente monofase, non è generalmente possibile rappresentare accuratamente l'impedenza di sorgente.

Quando si voglia rappresentare un'impedenza di sorgente nulla basterà mantenere le tre tensioni simmetriche e sfasate di  $120^\circ$ .

Se si impiega per facilità la piena tensione di 67 V fase-terra, per rappresentare impedenza di sorgente nulla, la corrente di intervento può essere notevole.

Tuttavia le caratteristiche di  $3^\circ$  gradino e C4, quando tarate con valori di impedenza sufficientemente elevati, possono essere provate con piena tensione senza superare i valori massimi di corrente ammessi.

Siccome le caratteristiche di  $1^\circ$  e  $2^\circ$  gradino sono derivate dalle stesse tensioni; a meno delle tarature dei potenziometri  $p_1$ ,  $p_2$  e  $p_3$ , è ragionevole assumere che anche queste caratteristiche avranno la stessa forma, a parità di impedenza di sorgente.

L'impedenza di sorgente modifica la posizione nel piano R, jX dei cerchi polifasi ( $Z_k$ ) usati per la misura dei guasti bifasi, dei cerchi del selettore di fase  $C_4$ , il limite reattivo delle caratteristiche del relé antipendolante (PC1 e PC2) e la posizione della caratteristica direzionale D.

Non ha invece influenza sui limiti (L1, L2, L3) reattivi, o su quelli resistivi (B1, B2, B3, B4), o sulle caratteristiche L4.

La simulazione dell'impedenza di sorgente avrà effetto sulle prove di guasto bifase-terra poiché influenzerà la forma delle caratteristiche mho e la taratura degli elementi di misura fase-terra nella fase in anticipo e in quella in ritardo.

Considerazioni sulla forma d'onda

Quando si impiegano tensioni e correnti fra loro indipendenti, come in fig. 26, esse devono essere prive di armoniche. Le armoniche possono influenzare la taratura del relé in proporzione al quadrato del contenuto. Un 3% di armoniche può dare un errore apparente di taratura del 9%. Una persona esperta può apprezzare all'oscilloscopio una distorsione minima del 3%. Quindi se si nota una qualunque distorsione questa é eccessiva per una misura accurata della precisione del relé.

Questo é dovuto al fatto che le armoniche modificano l'istante di passaggio dei segnali da zero, ed anche la loro pendenza in quell'istante.

Questo effetto é molto maggiore di quanto si dedurrebbe dal cambiamento del valore efficace dovuto alle armoniche.

Nella rete le eventuali armoniche presenti nelle tensioni causeranno armoniche uguali nelle correnti, il relé pertanto opererà correttamente. Lo stesso si verificherà usando reattanze lineari per le prove.

Filtro per TV capacitivi.

Tale filtro interviene solo al disotto di 15 V (fase-terra).

Per assicurarsi che le caratteristiche in regime permanente del relé non vengano modificate dal filtro, rilevare una caratteristica a tensione maggiore di 15 V e poi ricontrollarla a tensione inferiore. Non vi deve essere alcuna differenza. Non vi é un modo facile di osservare il ritardo di 10-12 ms. introdotti dal filtro, salvo fare misure direttamente sui circuiti stampati come indicato sulle istruzioni di prova.

Prove funzionali con relé in servizio

La maggior parte delle tensioni ausiliarie di controllo sono generate nel convertitore cc/cc in Pos. 943. Verificare che le tensioni siano entro  $\pm 2\%$  dei valori seguenti:

<u>Terminali</u>	<u>Tensioni</u>
------------------	-----------------

Verificare che le tensioni ausiliarie siano correttamente cablate come da schema.

La verifica della fase delle tensioni e delle correnti é di solito fatta con un fasometro, con carico noto.

Se vi é carico a sufficienza la verifica può anche essere fatta nel modo seguente. Con la corrente che v verso la linea da proteggere (dopo aver bloccato lo scatto con le apposite spine nella presa di prova RTXP18) togliere la tensione R. Questo deve essere fatto sul rel per evitare l'influenza di altri carichi eventuali connessi tra le fasi.

Con correnti pari ad almeno 20% della nominale, verso la linea, con fattore di potenza in ritardo, il rel dovrebbe intervenire.

Ripetere la prova a turno con le fasi S e T.

Se queste prove non provocano un segnale di scatto significa che la polarit tra TA e TV sono invertite. Per correggere questa situazione procedere come segue:

- 1) togliere le tensioni al rel in corrispondenza della presa di prova
- 2) scambiare le posizione sui morsetti U1-U8 sul retro dell'unit replica come segue:

a) togliere il cavallotto da Pos. 5-6-7-8

b) spostare:

- 11B-U1 a 11B-U8
- 12B-U2 a 12B-U7
- 13B-U3 a 13B-U6
- 14B-U4 a 14B-U5

c) mettere il cavallotto tra 1-2-3-4.

3) ridare tensione e ripetere la prova.

Fig. 10  
 Diagramma di fase  
 per la verifica della  
 polarit delle tensioni  
 TA e TV.

Il diagramma mostra  
 la relazione tra le  
 tensioni TA, TB, TC e  
 TV e la corrente I.

Posizione	Contatto
1	AS-A1
2	AS-A2
3	AS-A3
4	AS-A4
5	AS-A5
6	AS-A6
7	AS-A7
8	AS-A8
9	AS-A9
10	AS-A10
11	AS-A11
12	AS-A12
13	AS-A13
14	AS-A14
15	AS-A15
16	AS-A16
17	AS-A17
18	AS-A18
19	AS-A19
20	AS-A20



Se la direzione del flusso di potenza é invece verso la sbarra il relé non deve ovviamente intervenire. Se non é possibile cambiare la distribuzione di carico in modo che la potenza sia uscente, si può temporaneamente invertire la direzione del relé come appena spiegato.

Queste prove simulano un guasto trifase, poiché non vi é corrente omopolare nel circuito di neutro. Se si desidera fare anche una verifica della direzione per guasti a terra procedere come segue:

- 1) Togliere le correnti S e T dal circuito di neutro, lasciando solo la corrente R
- 2) Togliere la tensione R
- 3) Ripetere per la fase S togliendo le correnti R e T
- 4) Ripetere per la fase T togliendo le correnti S e R.

Se la direzione della corrente é opposta, si può temporaneamente invertire la direzione di RAZFE intercambiando le connessioni come già detto per la prova per guasti trifasi.

#### DIMENSIONI E DIME DI FORATURA

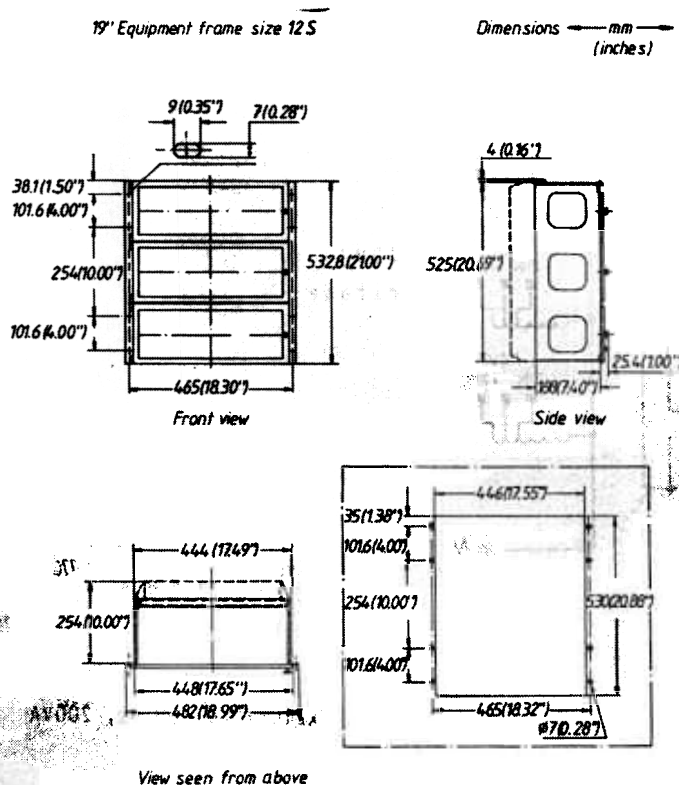


Fig. 31

Appendice N° 1

Verifica della RAZFE con la cassetta di prova tipo TURH

Lo scopo della prova é di verificare i valori ed i tempi di intervento. Notare che le misure effettuate si riferiscono sempre al comportamento statico del relé.

Per la descrizione della cassetta TURH riferirsi al Cat.

Indice del contenuto

- 1) Manipolatori e controlli del TURH
- 2) Preparativi
  - 3.1 Verifica degli elementi di misura per guasti a terra, fase R.
  - 3.2) Come sopra ma fase S.
  - 3.3) Come sopra ma fase T
- 4) Verifica degli elementi di misura per guasti trifasi.
- 6) Verifica del relé antipendolante
- 7) Verifica dei tempi di intervento

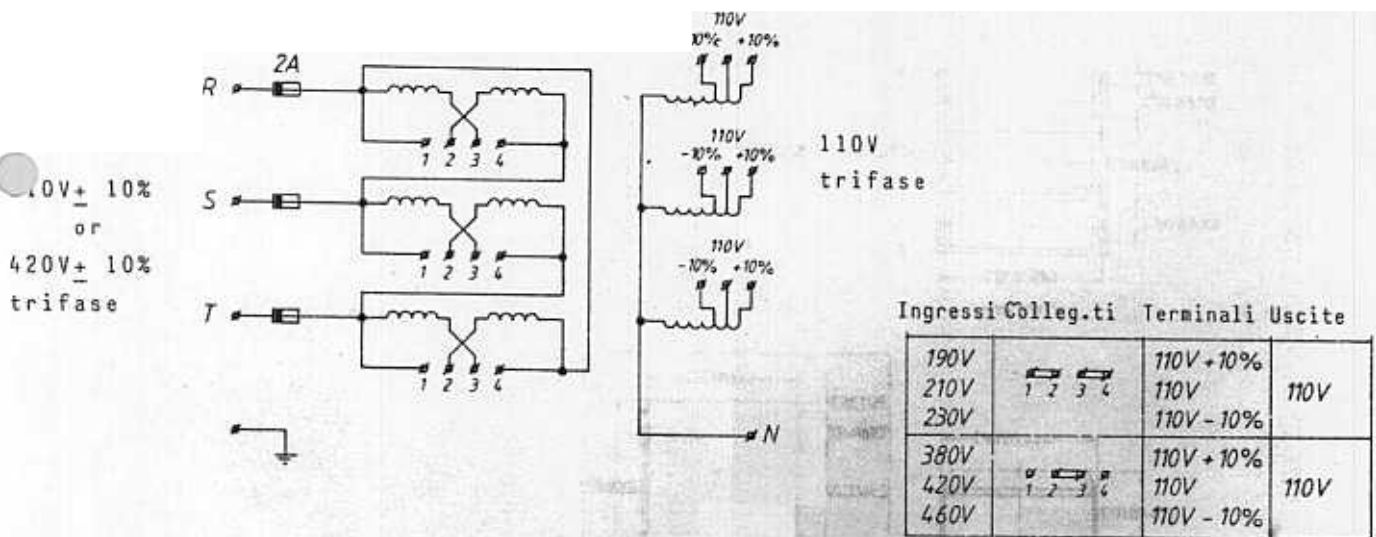


Fig. 2

2x210V/64V, 50 Hz, 200VA



1) MANIPOLATORI E CONTROLLI DEL TURH (Fig. 1)

**Selettore S1 e S2**

Per tarare la corrente di prova che sarà approx.  $0,765 \times S1 \times S2$  per guasto mono e trifase  $1,35 \times S1 \times S2$  per guasto bifase  
S1 e S2 potranno essere tarati in modo che il risultato di  $S1 \times S2$  sia 0;2, 0,4, 0,5, 1, 2,5 o 10.

**Selettore on-off (ventola di raffreddamento)** per la ventilazione interna.

**Selettore Q**

Per variare la relazione di fase tra V e I di prova. Tutti i quadranti nel piano dell'impedenza possono essere selezionati

Pos. 1	Quadrante 1
" 2	" 2
" 3	" 3
" 4	" 4

**Selettore principale (H)**

**Terminali (h1 e h2)**

Sono collegati rispettivamente a un contatto n.c e n.a del selettore principale (H). Ad es. possono essere usati per la misura dei tempi d'intervento.

**Selettore (AF)**

Per verificare l'alimentazione ausiliaria  
Pos.1: il led si accende solo quando tutte le tre fasi sono presenti.  
Pos. 2: il led si accende solo quando la sequenza delle fasi è corretta RST.

**Terminali R-S-T-M**

Per collegare l'alimentazione ausiliaria, 110 V 50 Hz 3Ø

**Terminali RU, TU, SU, NU**

di uscita della tensione di prova

**Terminali RI-SI-TI-NI**

di uscita

**Fusibili (300 mA)**

Per proteggere i potenziometri FR e FX contro cortocircuiti della tensione di prova.

**Resistenza variabile (RS)** con terminali 10x50 ohms, 2,1A.

**Selettore GR** per la regolazione approx. del contributo resistivo alla tensione di prova.

**Potenzimetro (FR)** per la regolazione fine del contributo resistivo alla tensione di prova.

**Selettore (GX)** per la regolazione approssimativa del contributo reattivo alla tensione di prova

**Potenzimetro (FX)** per la regolazione fine del contributo reattivo alla tensione di prova.

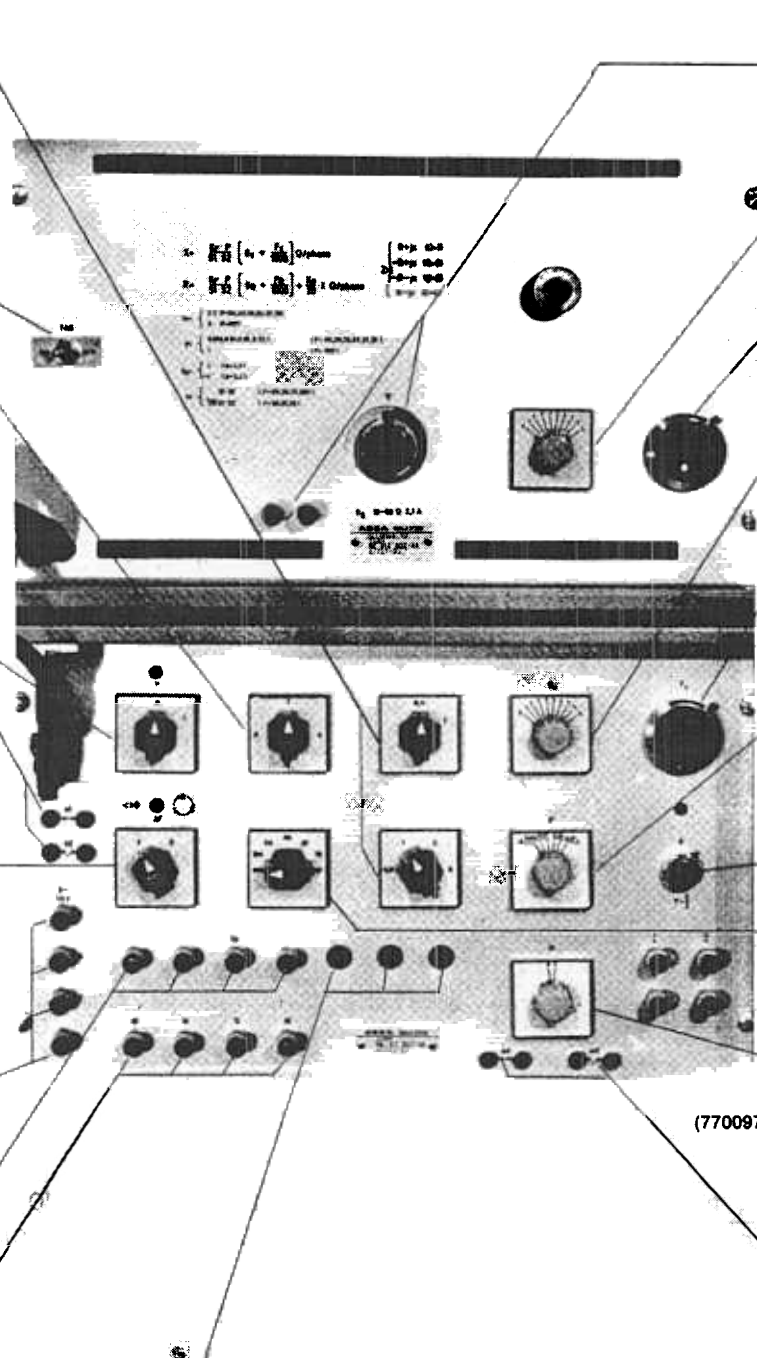
**Selettore P** per relazionare il rapporto del trasformatore di tens.

**Misuratore d'angolo ( )**

**Selettore (F)** per selezionare il tipo di guasto RN-SN-TN-R-S-S-T T-R o RST

**Selettore M** per cambiare la tensione di prova dal valore nom. (Pos.0) al valore tarato (Pos.1). Il selettore può essere usato per la prova di circuiti di memoria

**Terminali (m1 e m2)** sono collegati rispettivamente a un contatto n.c e n.a del selettore (M).



(770087)

## 2. Preparativi

2.1 Sovrapporre le due cassette con la cassetta principale in basso.

Connetterle a mezzo del connettore RTXG.

Connettere l'alimentazione RSTN a 110 V 50/60 Hz, di frequenza di fase nota, con interruttore H in pos. 0.

Nel caso il 110 V non fosse disponibile si può usare un trasformatore intermedio come indicato in fig. 2

Connettere i terminali RI, SI, TI, NI e RU, SU, TU, NU ai corrispondenti ingressi della spina di prova come indicato in fig. 3. Cortocircuitare i terminali 4-6-8-10 della spina di prova.

2.3 Inserire la spina di prova nella presa di prova, controllando che tutti i circuiti di scatto siano aperti.  
Mantenere l'alimentazione ausiliaria al relé.

Impostazione dei controlli

Q in Pos. 1, cioè nel 1° quadrante del diagramma della impedenza.

M in Pos. 1.

P in pos. 1, cioè rapporto di trasformazione pari ad 1.

2.5 Porre i selettori SI e S2 in modo che il prodotto delle posizioni sia circa uguale alla corrente nominale del relé, cioè 1, 2 o 5A.

2.6 Porre l'interruttore principale H in Pos. 1.

**NOTA BENE:** ASSICURARSI CHE IL VENTILATORE INTERNO FUNZIONI, O LA CASSETTA VERRA' DANNEGGIATA DALL'ECCESSIVO RISCALDAMENTO.

Con l'interruttore AF in Pos. 1 il LED si accenderà solo se tutte le fasi R,S,T ed N sono alimentate.

La corretta frequenza di fase si controlla ponendo l'interruttore AF in pos. 2.

Il LED si accenderà solo se la sequenza di fase sarà R S T.

Riportare l'interruttore AF in Pos. 1 e H in Pos. 0.

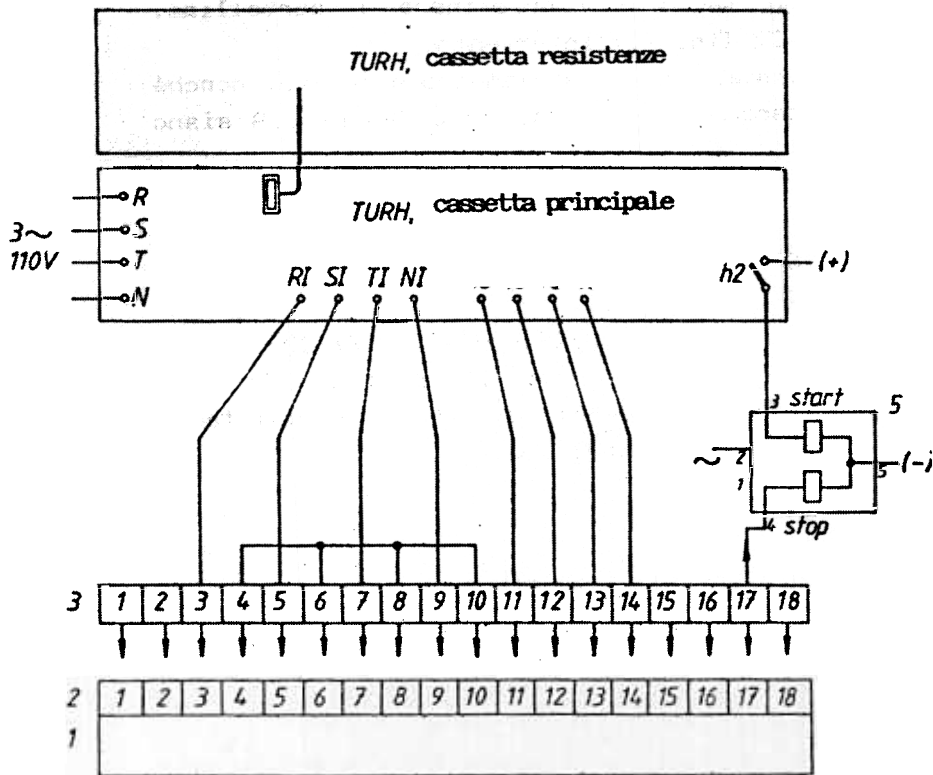


Fig. 3

3. Elementi di misura per guasti a terra

3.1 Porre il selettore F in Pos. RN

3.1.1 La taratura del 1° gradino si verifica così:

togliere i temporizzatori per il 2° e 3° gradino in Pos. 925 e 931.

Porre GX ed il potenziometro FX al loro valore più alto e GR ed FR al valore 0. In tal modo la tensione fornita al relé sarà in ritardo di circa 90° rispetto alla corrente.

## 3.1.1.1

Ruotare H in Pos. 1 e ridurre il valore di GX fino all'intervento del relé, che può essere controllato con i cartellini di avviamento a scatto.

Aumentare GX di una tacca e ripristinare i cartellini. Ridurre il valore di FX fino all'intervento.

Verificare che le indicazioni di avviamento e scatto, nonché l'indicazione a distanza del relé di interfaccia 919 siano corrette.

Se il relé interviene anche con FX e GX posti al massimo ridurre il prodotto  $S1 \times S2$  di una tacca.

Se durante qualunque prova  $GX + FX/1000$  e  $GR + FR/1000$  devono essere ridotte al disotto del valore 2 prima che il relé intervenga, il valore di P deve essere ridotto di una tacca per avere una risoluzione migliore.

## 3.1.1.2

Porre il selettore H su 0 e leggere i valori di GX e FX. Calcolare il valore di intervento per guasti a terra con le formule seguenti date al punto 3.1.1.3.

## 3.1.1.3

Alla frequenza di 50 Hz le formule sono le seguenti

$$X_M = \frac{KF \times P}{S1 \times S2} (GX + \frac{FX}{1000}) \quad \text{ohm/fase}$$

$$R_M = \frac{KF \times P}{S1 \times S2} (GX + \frac{FR}{1000}) + \frac{KQ}{20} X_M \quad \text{ohm/fase}$$

$$K_F = \begin{cases} 2.5 & (F = RN, SN, TN, RS, ST, TR) \\ 5 & (F = RST) \end{cases}$$

$$K_Q = \begin{cases} 1 & (Q = 1, 3) \\ -1 & (Q = 2, 4) \end{cases}$$

$$Z_M = \begin{cases} +R_M + jX_M & (Q = 1) \\ -R_M + jX_M & (Q = 2) \\ -R_M - jX_M & (Q = 3) \\ +R_M - jX_M & (Q = 4) \end{cases}$$

$$I = \begin{cases} 0.765 \times S1 \times S2 & A \quad (F = RN, SN, TN, RST) \\ 1.35 \times S1 \times S2 & A \quad (F = RS, ST, TR) \end{cases}$$

## 3.1.1.4

I valori calcolati  $R_M$  e  $X_M$  possono essere convertiti e riportati nel piano delle impedenze in termini dell'impedenza dell'anello di guasto,  $X$  e  $R$ .

$$X = 2 X_M \text{ ohm/anello}$$

$$R = 2 R_M \text{ ohm/anello}$$

$$Z = \sqrt{X^2 + R^2} \text{ ohm/anello}$$

L'impedenza d'anello é data dall'impedenza di linea fino al guasto, piú la resistenza di guasto e l'impedenza del circuito di ritorno attraverso la terra dal punto di guasto al relé.

## 3.1.1.5

Se le tarature di  $\gamma_k$  e  $\gamma_n$  del relé sono uguali, il valore ottenuto di ohm/anello può essere convertito in taratura della linea protetta in ohm/fase semplicemente dividendo l'impedenza di anello per il fattore  $(1 + K_N)$ , cioè:

$$Z'_L = \frac{Z}{1 + K_N} \text{ ohm/fase}$$

Questo corrisponde ad una taratura reale lungo la linea protetta  $Z_L$  per guasti a terra:

$$Z_L = Z'_L \frac{1 + K_N}{X_0 + 2 X_1} \text{ ohm/fase}$$

dove  $X_0$  é la reattanza di sequenza zero e  $X_1$  é quella di sequenza positiva della linea.

Tuttavia quanto sopra vale solo per punti lungo i limiti L1, L2 e L3 della caratteristica, ved. fig. 4 e 5.

Il limite nella direzione resistiva non può essere convertito con le stesse formule (caratteristica B1), poiché questa non è compensata dal fattore  $K_N$ .

3.1.1.6

Se la taratura  $\tau_N$  è diversa da  $\tau_{N0}$ , il che significa che gli angoli delle impedenze di sequenza zero positiva sono diversi, il modo più semplice è di calcolare solo in termini di impedenze d'anello ohm/anello.

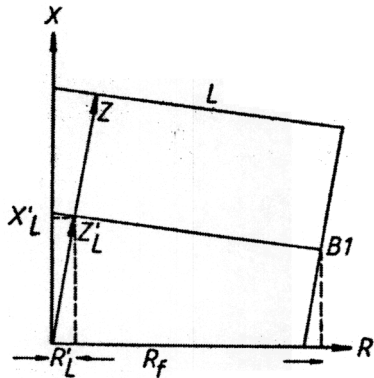


Fig. 4

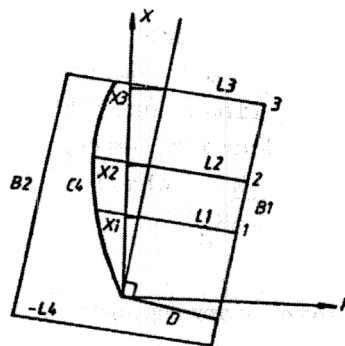


Fig. 5

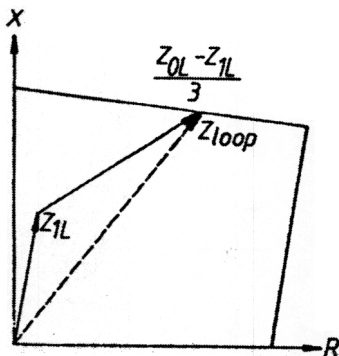


Fig. 6

Ciò significa che l'impedenza d'anello misurata e convertita al punto 3.1.1.4 deve essere confrontata con l'impedenza d'anello della linea protetta  $Z_{\text{anello}}$  (ved. fig. 6).

$$Z_{\text{anello}} = Z_{\text{IL}} + \frac{Z_{\text{OL}} - Z_{\text{IL}}}{3} \quad \text{ohm/anello}$$

dove  $Z_{\text{IL}} = V X_{\text{IL}}^2 + R_{\text{IL}}^2$  è l'impedenza di sequenza positiva  
 mentre  $Z_{\text{OL}} =$  è l'impedenza di sequenza omopolare della linea protetta.

## 3.1.1.7

La prova è stata fatta ad un solo angolo. Può essere ripetuta per altri valori di GX, FX, GR ed FR, oltre che del selettore Q.

I valori relativi possono essere riportati nel piano delle impedenze. Il luogo dei punti trovati sarà un quadrilatero.

## 3.1.1.8

Se il relé è dotato dei relé di interfaccia per il telepilotaggio secondo lo schema del "telescatto" il relativo contatto dovrà essere attivato durante le prove di cui sopra.

## 3.1.1.9

Ridurre la tensione al relé finché non scatta e dà le relative indicazioni.

Porre H su 0. Ripristinare le indicazioni connettendo temporaneamente il positivo al relé di ripristino in Pos. 1119.

## 3.1.1.10

Connettere il positivo al relé di "Blocco" nell'unità 1119. Chiudere l'interruttore H. Il relé non deve operare.

## 3.1.1.11

Interrompere a turno la polarità positiva e negativa del relé, verificare che si abbia l'indicazione.

### 3.1.2 Verificare la taratura del 2° gradino come segue:

Cortocircuitare i due contatti del temporizzatore di 2° gradino inserendo due cavallotti con terminali COMBIFLEX maschi nella faccia anteriore della base di fissaggio in pos. 925:25 - 925:26 e 925:15 - 925:16.

#### 3.1.2.1

Ripetere le prove ai punti 3.1.1 3.1.1.8.

Verificare che si ottengano le corrette indicazioni per il 2° gradino.

Togliere i cortocircuiti.

### 3.1.3 Verificare la taratura del 3° gradino come segue:

Cortocircuitare i contatti del temporizzatore di 3° gradino come sopra, tra i terminali 931-25 - 931:26 e 931:15 -931:16.

#### 3.1.3.1

Ripetere le prove ai punti 3.1.1-3.1.1.8.

Verificare che si ottengano le corrette indicazioni per il 3° gradino.

#### 3.1.4

Togliere i cavallotti e rimettere i temporizzatori tolti al punto 3.1.1

### 3.1.5 Connettere un voltmetro tra il terminale 18 (-) e i terminali 16 e 17 (fasi S e T) della spina di prova. Ridurre la tensione di misura fino all'intervento del relé.

Non si deve avere scatto delle fasi S e T. Aprire l'interruttore H, ripristinare i cartellini e richiudere H entr 3 sec. Si dovrebbe avere uno scatto trifase, rilevabile con il voltmetro.

#### 3.1.5.1

Ripetere la prova del punto 3.1.5 ma richiudendo l'interruttore dopo più di 3 sec. Si dovrebbe avere intervento della sola fase R.



3.2 Verificare gli elementi di misura per guasti a terra nella fase S e T come segue:

porre il selettore F in posizione SN e ST rispettivamente.

3.2.1 Le tarature del 1°, 2° e 3° gradino, come pure i cartellini, son verificate come descritto ai punti 3.1.1 - 3.1.5.

3.3 Verificare gli elementi di misura per guasti a terra nella fase T nel modo seguente:

Porre il selettore F in posizione TN

3.3.1 Le tarature del 1°, 2° e 3° gradino, come pure le indicazioni ed i segnali sono verificati come descritto in par. 3.1.1 - 3.1.5.

to

#### 4. ELEMENTI DI MISURA PER GUASTI BIFASI

La misura dei guasti bifasi é fatta sia dai relé  $Z_k$  con caratteristica circolare che da opportune combinazioni<sup>k</sup> dei relé di terra con caratteristiche quadrangolari.

Le uscite sono poi combinate per scattare per guasti bifase. Non é dunque sempre possibile rilevare solo la caratteristica circolare del relé.

Il migliore modo per verificare la caratteristica circolare é di porre la taratura "b" uguale a 2, diminuendo quindi al minimo l'influenza dei relé di terra.

Ma anche in questo caso é possibile che intorno all'origine degli assi (R, JX), la forma della caratteristica risulti irregolare a certi valori di taratura.

Il relé ciononostante misurerà la distanza correttamente e manterrà le sue caratteristiche direzionali.

Verificare gli elementi di misura per guasti bifasi nel modo seguente:

Porre il selettore F in posizione RS, ST o TR.

Porre il selettore "b" del relé su 2.

- 4.1 La taratura del primo gradino si verifica nel modo seguente: togliere i temporizzatori di 2° e 3° gradino in posizione 925 e 931.

Porre il selettore G ed il potenziometro F al loro valore max. ed il selettore<sup>x</sup>  $G_R$  e potenziometro  $F_R^x$  in posizione 0, cioè la tensione fornita al relé sarà in anticipo di circa 90° sulla corrente.

- 4.1.1 Ruotare l'interruttore H in Pos. 1 e ridurre il valore  $G_x$  fino all'intervento del relé, osservabile dalle indicazioni di avviamento e scatto.

Aumentare il valore di  $G_x$  di uno scatto e ripristinare il relé e gli indicatori.

Ridurre il valore di  $F_x$  fino all'intervento.

Verificare che indicazioni di avviamento e scatto siano corrette.

Se il relé interviene anche con  $F_x$  e  $G_x$  al valore max., ridurre la corrente data da S1 x S2.

Se durante le prove sia  $G + F/1000$  che  $G_R + F_R/1000$  devono essere ridotte ad un valore minore di 2 prima che il relé operi, il valore di P della cassetta di prova deve essere ridotto di un gradino per ottenere una risoluzione migliore.

4.1.2 Leggere i valori di G e F e riportare il selettore H a 0. Calcolare l'impedenza di scatto per guasti bifasi con le formule date ai punti 3.1.1.3 o 3.1.1.4.

4.1.2.1

I valori ottenuti  $X_M$  e  $R_M$  possono essere riportati direttamente in piano delle impedenze in ohm/fase, cioè:

$$X = X_M \text{ ohm/fase}$$

$$R = R_M \text{ ohm/fase}$$

4.1.3 La prova precedentemente può poi essere ripetuta per altri valori d'angolo, riportando i valori su un diagramma, come indicato in fig. 7.

4.1.4 Verificare l'operazione dei relé di invio e ricezione dei segnali di telepilotaggio

4.2 Verificare la taratura del 2° gradino nel modo seguente:

cortocircuitare i due contatti del temporizzatore di 2° gradino, servendosi di fili con connettori maschili, inserendoli sul fronte della basetta.

4.2.1 Ripetere le prove in par. 4.1-4.1.3.

Verificare che siano ottenuti sia i segnali che le indicazioni per il 2° gradino. Non si deve avere alcun segnale di telepilotaggio.

Togliere i corto-circuiti.

4.3 Verificare la taratura del 3° gradino in modo analogo al precedente.

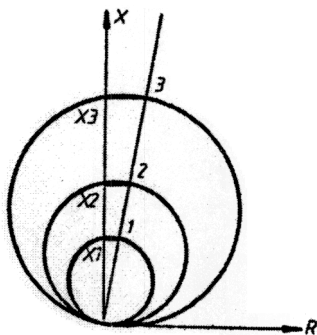


Fig.7

- 4.3.1 Ripetere le prove in par. 4.1-4.1.3.  
Verificare che si ottengano sia i segnali che le indicazioni del 3° gradino.  
Non si deve avere alcun segnale di telepilotaggio.
- 4.4 Le prove di cui sopra 4.1 - 4.4 possono essere ripetute per qualsiasi combinazione RS, ST o TR.

Ripristinare il valore del selettore "b", togliere i cortocircuiti e rimettere i temporizzatori tolti in par. 4.1.

## 5. ELEMENTI DI MISURA PER GUASTI TRIFASI

Gli elementi di misura per guasti trifasi vengono verificati nel modo seguente:

porre il selettore F in Pos. RST.

Per verificare la taratura del 1° gradino si devono prima togliere i temporizzatori di 2° e 3° gradino.

Porre il selettore  $G_x$  ed il potenziometro F al max. valore, mentre il selettore  $G_R$  ed il potenziometro  $F_R$  devono essere posti a 0. In tal modo si alimenterà il relé con una tensione in anticipo di circa 90°.

- 5.1.1 Ruotare l'interruttore H sulla Pos. 1 e ridurre il valore di  $G_x$  fino all'intervento del relé.  
Aumentare il valore di  $G_x$  di un gradino e ridurre il valore di  $F_x$  fino all'intervento del relé.  
Verificare che si ottengano i segnali e le indicazioni corrette in tutte le posizioni.  
Se il relé interviene anche al max. valore di  $G_x$  e  $F_x$  ridurre la corrente data da  $S1 \times S2$ .

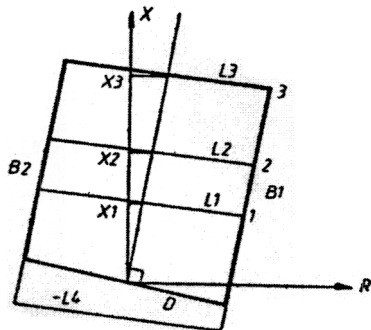


Fig. 8

Se durante le prove  $(G_x + F_x/1000)$  e  $(G_R + F_R/1000)$  devono essere ridotti a valori minori di 1 prima che il relé intervenga si può aumentare la corrente data da  $S1 \times S2$ , ma non al disopra della portata massima continua del rel.

Se i valori di  $(G_x + F_x/1000)$  e  $(G_R + F_R/1000)$  devono ancora essere inferiori a 1 perché il relé intervenga, la misura deve essere fatta in modo dinamico utilizzando l'interruttore M.

Altrimenti i circuiti di memoria non possono funzionare ed il relé può essere bloccato.

Per fare la misura dinamicamente porre l'interruttore M a 0, e scegliere un valore di  $F_x$ . Commutare M su 1.

Se si ottiene scatto aumentare il valore di  $F_x$  e ripetere la misura. Se non si ha scatto ridurre il valore di  $F_x$  fino a trovare per tentativi la soglia di scatto.

5.1.2 Leggere i valori di  $G_x$  e  $F_x$  e portare l'interruttore H sullo 0. Calcolare il valore dell'impedenza di scatto per guasti trifasi con le formule data al punto 3.1.1.3.

5.1.2.1

I valori ottenuti di  $X_M$  e  $R_M$  possono essere rappresentati direttamente nel piano  $(R, X)$ .

$$X = X_M \text{ ohm/fase}$$

$$R = R_M \text{ ohm/fase}$$

5.1.3 La prova é stata fatta ad un angolo di fase. Può essere ripetuta per altri valori cambiando  $G_x$ ,  $F_x$ ,  $G_R$  e  $F_R$  oltre al settore Q. I valori di intervento possono essere rappresentati nel piano delle impedenze come indicato in fig. 8.

5.1.4 Se la protezione é corredata di relé di interfaccia per il telepilotaggio connessi secondo la logica di scatto, il relé dovrà dare il relativo segnale di telepilotaggio.

Bisogna anche fare la prova seguente.

Ridurre le quantità di misura in modo da essere tra il 1° ed il 2° gradino. Attivando il relé di ricezione telepilotaggio in unità 1113 la protezione dovrà intervenire.

Verificare la taratura del 2° gradino come segue  
Cortocircuitare i due contatti del temporizzatore di 2° gradino  
inserendo delle sonde nei terminali opportuni.

Ripetere le prove di sezione 5.1 e 5.1.3.  
Controllare che si abbiano i segnali e le indicazioni di 2°  
gradino.  
Non vi deve essere invio di telepilotaggio.  
Togliere i cortocircuiti.

Verificare la taratura del 3° gradino come segue.  
Cortocircuitare i contatti del temporizzatore di 3° gradino  
inserendo delle sonde nei terminali opportuni.

Ripetere le prove in par. 5.1-5.1.3.  
Verificare che si abbiano i segnali e le indicazioni di 2°  
gradino. Non vi deve essere invio di telepilotaggio.

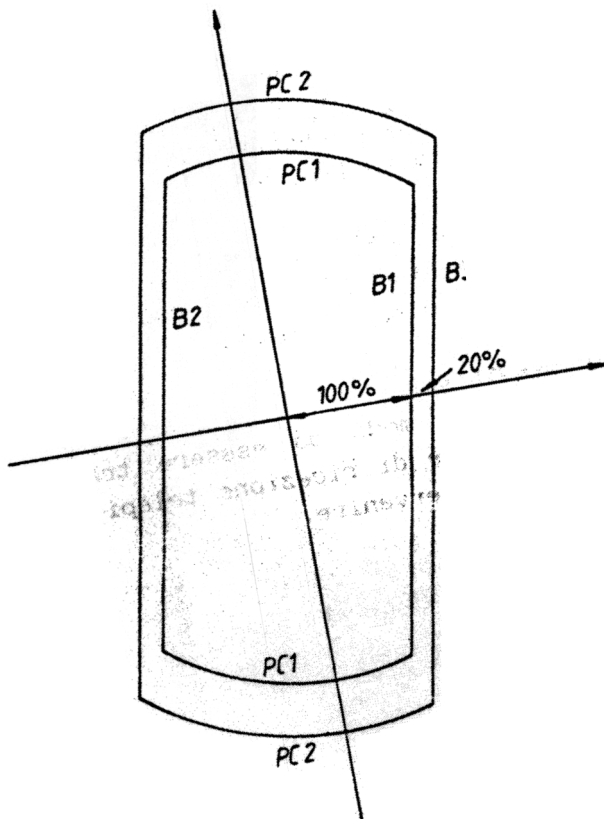
5. Togliere i cortocircuiti e rimettere i temporizzatori tolti  
al paragrafo 5.

RELE' ANTIPENDOLANTE

caratteristica del relé antipendolante  
può essere controllata nel modo seguente

ndicata in fig

Fig.



- 6.1 Porre il selettore F in Pos. RST.

Porre i selettori  $G_R$  e  $F_R$  al loro massimo valore ed i selettori  $G_X$  e  $F_X$  a zero.

La tensione e la corrente saranno quindi in fase.

- 6.3 Ruotare il selettore H in Pos. 1 e ridurre il valore di  $G_R$  fino all'intervento del relé, che si controlla dalle indicazioni di scatto o "power swing".

Aumentare  $G_R$  di una tacca e ripristinare relé ed indicatori.

Ridurre lentamente il valore di  $F_R$  fino all'intervento del relé antipendolante ed attendere circa 2 secondi. Ridurre ulteriormente il valore di  $F_R$  fino allo scatto.

Ruotare il selettore H in Pos. 0.

Leggere i valori di  $G_R$  ed  $F_R$  e calcolare il valore di impedenza, che dovrebbe essere uguale a quello della linea 100% di Fig. 9, secondo le formule date al punto 3.1.1.3.

Aumentare il valore della resistenza a circa il 110%.

Ridurre il valore di  $G_R$  e  $F_R$  al disotto di quello trovato in 6.3 ed osservare le indicazioni di scatto del relé.

Lo scatto si deve avere circa 2 sec. dopo la riduzione della impedenza.

Verificare che si abbiano il segnale e l'indicazione di relé antipendolante intervenuto.

- 6.6 Mantenere  $G_R$  e  $F_R$  ad un valore inferiore a quello di intervento del relé e ruotare M in Pos. 0 (piena tensione). Ripristinare il relé ed i cartellini.

- 6.7 Ruotare il selettore M in pos. 1 (valori di  $G_R$  e  $F_R$  impostati ed osservare i segnali di scatto.  
Si deve avere scatto istantaneo senza indicazioni di relé antipendolante intervenuto.

## 7. MISURA DEI TEMPI DI INTERVENTO

Assicurarsi che tutti i relé ausiliari ed i temporizzatori siano stati rimessi al proprio posto.

Le Condizioni di guasto in regime permanente possono essere verificate con la cassetta prova relé, mentre i tempi possono essere controllati con un contasecondi.

E' importante notare che la cassetta di prova non può riprodurre i fenomeni dinamici.

- 7.1 La prova del 2° e 3° gradino può essere fatta nel modo seguente. Inserire la spina di prova nel relé.

Connettere il contatto H2 della cassetta per ottenere contemporaneamente l'avviamento del contasecondi e del relé non appena si pone il selettore H in Pos. 1.

Lo scatto del relé é connesso all'arresto del contasecondi. Porre il selettore F, ad esempio, in pos. TR e Q in pos. 1. Simulare l'impedenza voluta e ripristinare i cartellini.

- 7.2 Quando il selettore H é portato in pos. 1 l'impedenza desiderata é applicata al relé ed i relé di avviamento faranno partire i temporizzatori.

Quando i temporizzatori hanno raggiunto il fine tempo permettono lo scatto del relé per ogni tipo e posizione di guasto.

Se la misura dei tempi é fatta per tarare i temporizzatori in modo da assicurare il coordinamento in un piano di selettività, si suggerisce di procedere nel modo seguente.

Scegliere un valore di impedenza che sia di poco superiore al valore di 1° e 2° gradino con un angolo prossimo a 90°, e misurare i tempi in queste condizioni.