

CAPITOLO 13

**SCHERMATURE E MESSA
A TERRA DEI PONTI IN C.A.**

La teoria dei ponti in corrente alternata, richiamata per sommi capi nel capitolo precedente, è basata sull'assunzione che gli schemi elettrici dei ponti di volta in volta indicati rappresentino pienamente il sistema fisico costituito dai lati, dalle diagonali e dagli oggetti circostanti.

In pratica non è così; nella maggior parte dei casi, tra i diversi rami del ponte, si verificano accoppiamenti elettrici e magnetici non previsti nello schema teorico. Tali accoppiamenti possono essere rappresentati da conduttanze di dispersione, da capacità che congiungono i vari rami tra loro e con la terra, e da induttanze mutue.

Può accadere perciò che talune correnti possono interessare solo certi rami del ponte o parti di questi, secondo percorsi che sono differenti da quelli previsti nel circuito teorico. Pertanto le misure dedotte dalle equazioni di equilibrio basate sul circuito teorico, qualora prescinderanno dalle considerazioni di tali effetti, possono rivelarsi anche grossolanamente errate.

Di qui la necessità di predisporre dei mezzi per ridurre al minimo l'influenza di tali accoppiamenti e nel contempo rendere definiti e calcolabili i loro effetti sulle condizioni di equilibrio del ponte.

13.2 ACCOPIAMENTI MAGNETICI.

Gli accoppiamenti magnetici derivano dal concatenarsi di campi magnetici con parti del ponte. Essi possono avere effetti di qualche importanza soltanto nei ponti che compiono due o più induttori avvolti, specialmente se la sorgente di alimentazione è connessa al ponte tramite trasformatori che danno luogo a flussi dispersi.

Tali accoppiamenti non sono difficili da eliminare o comunque da ridurre. Può essere sufficiente talvolta disporre gli induttori con gli assi perpendicolari, se si tratta di bobine ad asse rettilineo. Migliori risultati si ottengono se gli avvolgimenti sono eseguiti a forma di toro.

L'uso di avvolgimenti toroidali è anche raccomandato nella costruzione dei trasformatori usati per accoppiare il generatore alla rete del ponte. Di questi si parlerà nel § 13.12.

Anche per accoppiare il rivelatore di zero al ponte si adoperano

trasformatori di accoppiamento con avvolgimenti toroidali. Questo per evitare che i componenti esterni possano introdurre disturbi sul lato di rivelazione. Si ricorre poi, per questi trasformatori di accoppiamento, a nuclei ad elevate permeabilità per ridurre l'attenuazione del segnale.

Dove è necessaria una elevata precisione, oltre ad adottare gli accorgimenti suddetti, per ridurre ad entità trascurabile gli accoppiamenti induttivi si ricorre pure all'uso di schermature magnetiche.

Queste possono essere realizzate con materiali ad elevata permeabilità magnetica, ed allora hanno l'effetto di cortocircuitare il campo parassita; o con materiali conduttori e in tal caso generalmente servono a proteggere la parte di circuito che racchiudono per effetto delle correnti parassite che si inducono in essi. Naturalmente quest'ultimo tipo di schermatura magnetica è più efficace là dove i campi parassiti hanno frequenze elevate.

In conclusione si può dire che la riduzione od eliminazione degli effetti induttivi non presenta difficoltà particolari. Basta un'accurata disposizione delle apparecchiature del ponte e l'uso eventuale di schermi di materiali magnetici o conduttori. I ponti che comprendono solo resistenze e capacità sono quasi del tutto immuni da tali effetti.

13.3 ACCOPIAMENTI ELETTRICI.

Gli accoppiamenti elettrici si possono verificare o tra i componenti del ponte e gli altri oggetti non connessi a terra, o tra i componenti del ponte e gli oggetti circostanti connessi a terra.

I più importanti tra questi sono i secondi, dato che i primi possono essere di molto ridotti da un adeguato distanziamento dei rami del ponte tra loro e dagli altri oggetti.

Tali accoppiamenti saranno rappresentati da ammettenze. Ciascuna di tali ammettenze consta in genere di una conduttanza, che tiene conto delle correnti resistive derivate verso terra e gli altri oggetti circostanti, e da una suscettanza, che tiene conto delle capacità.

Nel seguito considereremo tali ammettenze costituite solo dalla componente immaginaria (suscettanza). Infatti l'uso di materiali ad elevato grado di isolamento (ebanite, quarzo, vetro) e l'impiego di alcuni accorgimenti, quali piastra e anelli di guardia, sono di solito sufficienti a sbarrare il passo o a convogliare entro percorsi desiderati le

correnti resistive. Pertanto le ammettenze verso terra e verso gli oggetti circostanti possono essere considerate di tipo puramente capacitivo e, come vedremo, non possono essere mai del tutto eliminate.

In conseguenza di questo la rete che rappresenta il ponte non contiene soltanto i rami visibili, ma si può considerare connessa in vari punti con la terra e con altri oggetti attraverso delle capacità.

Tali capacità sono generalmente piccole, ma i loro effetti possono diventare importanti quando le ammettenze risultino grandi rispetto a quelle dei componenti costitutivi del ponte, specialmente se la frequenza di alimentazione è elevata. In tali casi, se non si provvede con adeguati accorgimenti (schermatura, messa a terra di vertici del ponte) a neutralizzare l'effetto di tali ammettenze, i risultati possono essere notevolmente errati.

13.4 A CHE SERVONO LE SCHERMATURE?

La schermatura consiste nel racchiudere ciascun elemento (ivi compresi i cavetti di connessione, o i cavetti che collegano l'impedenza incognita al complesso di misura) in un involucro metallico che viene poi collegato a terra o ad uno dei vertici del ponte. La sorgente ed il rivelatore vengono invece metallicamente separati dalle diagonali del ponte per mezzo di trasformatori di accoppiamento.

Lo scopo di un sistema di schermature si può così riassumere:

- 1) rendere le ammettenze verso terra e tra singoli elementi del ponte di entità definita, e indipendenti dalla posizione degli elementi stessi e dell'operatore.
- 2) modificare la distribuzione e la posizione di tali ammettenze in modo che i loro effetti siano i più piccoli possibili e non incidano sul grado di precisione della misura.

Un ponte convenientemente schermato può essere quasi del tutto esente da errori dovuti ad accoppiamenti parassiti e risultare strumento di elevata precisione. La presenza degli schermi introduce però complicazioni costruttive e di misura notevoli.

13.5 GLI ACCOCCIAMENTI CAPACITIVI DI UN COMPONENTE SCHERMATO.

Consideriamo un generico componente Z di un circuito elettrico ed evidenziamo (Fig. 13.1) gli accoppiamenti capacitivi verso terra e verso gli oggetti, come O , generalmente non a potenziale di terra. Le capacità C_t e C_o sono distribuite lungo tutto il componente, e solo per semplicità di schema si ritengono concentrate in alcuni punti.

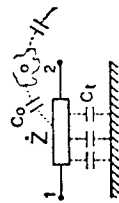


Fig. 13.1

Tali accoppiamenti non sono definiti, in quanto le capacità come C_t e C_o dipendono dalla posizione che il componente Z assume rispetto a terra e rispetto agli oggetti circostanti.

Esaminiamo ora come si modificano gli accoppiamenti quando l'elemento viene racchiuso in uno schermo. Lo schermo può essere disposto, rispetto al componente, nei tre modi seguenti:

- schermo libero (Fig. 13.2 a)
- schermo metallicamente collegato al morsetto 2 (Fig. 13.2 b)
- schermo metallicamente collegato al morsetto 2 e a terra (Fig. 13.2 c).

Negli schemi (a) e (b) gli accoppiamenti capacitivi tra componente e schermo sono definiti; restano indefiniti solo quelli schermo-terra e schermo-oggetti circostanti.

Nello schema (c) gli unici accoppiamenti indefiniti sono quelli dello schermo verso oggetti non a potenziale di terra e sono eliminati gli accoppiamenti verso terra.

Gli schemi (a) e (b) si differenziano in questo: nello schema (a) i morsetti del componente possono assumere un potenziale qualunque verso lo schermo, e lo schermo viene detto perciò fluttuante; nello schema (b) lo schermo assume il potenziale del morsetto 2.

Gli schemi (a) e (b) si differenziano dal (c) in questo: nei primi due lo schermo risulta fluttuante rispetto a terra ed agli oggetti circostanti, nel terzo solo rispetto agli oggetti circostanti non a potenziale di terra.

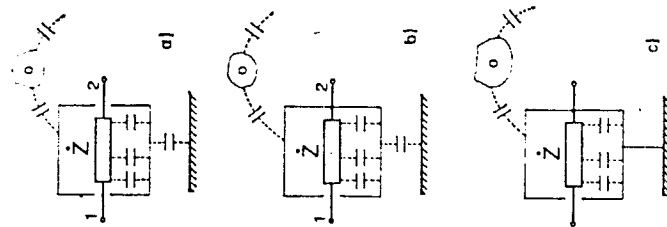


Fig. 13.2

13.6 IL COMPORTAMENTO ELETTRICO DI UN COMPONENTE SCHERMATO.

A causa delle correnti di dispersione derivate dalle capacità parassite, la corrente entrante in un morsetto del componente Z differirà in genere da quella uscente dall'altro (vedi Fig. 13.3 e 13.4). Perciò indicando con \bar{I}_1 e \bar{I}_2 queste due correnti e dotandole di segno positivo quando sono entranti nei rispettivi morsetti, in generale accade che:

$$\bar{I}_1 \neq -\bar{I}_2$$

Queste due correnti dipendono dalle tensioni che i due morsetti del componente presentano rispetto agli oggetti con cui il componente stesso è direttamente accoppiato.

Si può mostrare che le correnti \bar{I}_1 e \bar{I}_2 dipendono dalle tensioni che uno dei due morsetti presenta rispetto all'altro e rispetto a ciascun oggetto circostante. Per un componente non schermato, per esempio, si può affermare (vedi Fig. 13.3) che le correnti \bar{I}_1 e \bar{I}_2 dipendono dalla tensione \bar{V}_{21} e dalle tensioni \bar{V}_{20} , \bar{V}_{2T} .

Quindi, a causa degli accoppiamenti verso terra e verso gli oggetti circostanti, né la \bar{I}_1 né la \bar{I}_2 dipendono dalla sola tensione \bar{V}_{21} tra i morsetti. Pertanto non è definibile in modo univoco l'impedenza del componente intesa come rapporto tra DdP tra i morsetti e corrente entrante in uno dei due morsetti.

Esaminiamo ora cosa accade quando il componente è schermato e riferiamoci ai tre casi considerati nel paragrafo precedente.

Schermo fluttuante (vedi Fig. 13.4).

Le correnti \bar{I}_1 e \bar{I}_2 dipendono dalla tensione \bar{V}_{21} e dalla tensione \bar{V}_{2s} del morsetto 2 verso lo schermo in quanto il componente è direttamente accoppiato con lo schermo. Non dipendono invece dalla \bar{V}_{20} e dalla \bar{V}_{2T} in quanto non è più il componente ma lo schermo ad essere direttamente accoppiato con la terra e gli oggetti circostanti. Anche in questo caso, perciò, non è definibile univocamente una impedenza del componente, dato che le correnti non dipendono dalla sola \bar{V}_{21} .

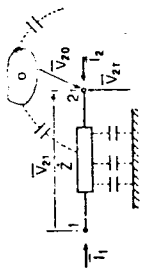


Fig. 13.3

Schermo metallicamente collegato al morsetto 2 (vedi Fig. 13.5).

Le correnti \bar{I}_1 e \bar{I}_2 dipendono dalla sola tensione \bar{V}_{21} , essendo uguale a zero la tensione \bar{V}_{2s} del morsetto 2 verso lo schermo. È possibile perciò definire una impedenza del componente come rapporto tra \bar{V}_{21} e \bar{I}_2 oppure tra \bar{V}_{12} e \bar{I}_1 .

Schermo metallicamente collegato al morsetto 2 e a terra (vedi Fig. 13.6).

Le correnti \bar{I}_1 e \bar{I}_2 dipendono dalla sola tensione \bar{V}_{21} , essendo $\bar{V}_{2T} = 0$. Anche ora è possibile definire una impedenza del componente come rapporto tra \bar{V}_{21} e \bar{I}_2 oppure tra \bar{V}_{12} e \bar{I}_1 .

Si può concludere perciò che solo nel caso in cui lo schermo sia collegato ad un morsetto si può definire univocamente l'impedenza del componente. È da tener presente tuttavia che, essendo in generale

$$\bar{I}_1 \neq -\bar{I}_2$$

$$\frac{\bar{V}_{12}}{\bar{I}_1} \neq \frac{\bar{V}_{21}}{\bar{I}_2}$$

risulterà

$$Z_{12} = \frac{\bar{V}_{12}}{\bar{I}_1}$$

Nei ponti in c.a. è opportuno riferirsi alle impedenze dei diversi lati definite come rapporto tra DdP ai morsetti e corrente entrante dal morsetto non collegato allo schermo. Cioè, secondo gli schemi delle Fig. 13.5 e 13.6

Nota.

Si osservi che negli schemi di Fig. 13.5 e 13.6 al morsetto 2 del componente affluisce una corrente \bar{I}_2 che è diversa dalla \bar{I}_2 a causa della corrente derivata dallo schermo.

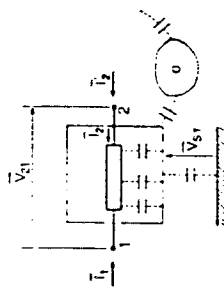


Fig. 13.5

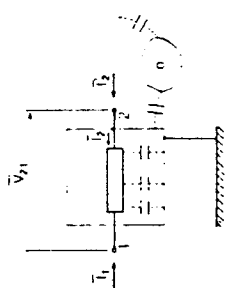


Fig. 13.6

13.7 CONNESSIONI SERIE E PARALLELO DI COMPONENTI SCHERMATI.

In misure di precisione è quasi sempre necessario utilizzare dei componenti schermati. Analizziamo ora quali sono i possibili collegamenti degli schermi, quando due componenti devono essere inseriti in serie o in parallelo in un lato di un ponte.

Riferiamoci anzitutto al caso di un collegamento serie. Il problema che nasce è quello di conoscere le caratteristiche globali dei due elementi in serie. Queste non si ottengono combinando i parametri propri di ciascun componente, eventualmente modificati dalla presenza di schermi. È necessario infatti, come si può vedere dall'esame degli schemi che seguono, tener conto anche dell'accoppiamento capacitivo tra i due schermi.

Un modo di connettere gli schermi può essere quello indicato in Fig. 13.7. I due schermi sono collegati rispettivamente ai morsetti 1 e 2'. Si può notare che la capacità tra gli schermi è variabile in dipendenza della posizione reciproca dei due componenti, e pertanto l'impedenza complessiva tra i punti 1 e 2' non ha valore definito. Lo stesso accade quando uno dei due schermi viene connesso a terra.

Altra possibilità è quella di connettere gli schermi ai morsetti 1 e 1', come mostrato in Fig. 13.8. Anche in questo caso esiste una capacità, non definita, tra gli schermi, ed una eventuale messa a terra di 1 o di 1' non elimina l'inconveniente.

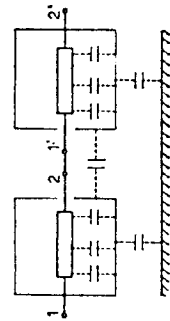


Fig. 13.7

È spesso usato l'accoppiamento di connettere i due schermi tra di loro, dopo averli al più possibile accostati, e collegarli ad uno dei morsetti esterni dei due componenti (Fig. 13.9). In questo modo vengono cortocircuitate le capacità tra gli schermi.

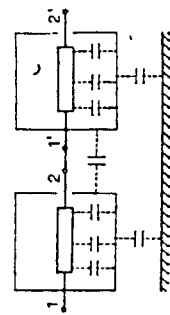


Fig. 13.8

Naturalmente il problema è sempre quello di poter definire l'impedenza tra i morsetti 1 e 2'. In questo caso ciò è possibile solo se è conosciuto il comportamento dell'impedenza Z_m con il morsetto 1 collegato allo schermo, e se sono noti i parametri del circuito equivalente dell'impedenza Z_n .

Gli accoppiamenti del collegamento tra i morsetti 2 e 1' con gli oggetti circosanti possono essere evitati se per il collegamento stesso si utilizza del filo schermato.

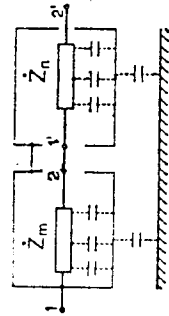


Fig. 13.9

Nel caso in cui si ha a che fare con due componenti da connettere in parallelo, gli schermi possono essere collegati allo stesso morsetto (vedi Fig. 13.10). La capacità tra gli schermi, che risulta cortocircuitata, non ha alcuna influenza sul valore dell'impedenza tra i punti 1 e 2.

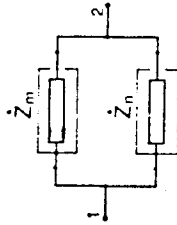


Fig. 13.10

13.8 COME INSERIRE GLI ELEMENTI SCHERMATI IN UNA RETE A PONTE.

Supponiamo di avere inserito i componenti come in Fig. 13.11, con gli schermi collegati ai vertici di rivelazione.

Nel caso più generale, i punti P e O , e quindi gli schermi delle 4 impedenze e del rivelatore, possono trovarsi ad un potenziale differente da quello di terra e degli oggetti circosanti. Tali schermi, a causa degli accoppiamenti parassiti, sono interessati perciò da correnti di dispersione verso terra e verso gli oggetti circosanti; di conseguenza, con riferimento alla Fig. 13.11, le correnti del tipo I_t differiscono da quelle del tipo I'_t .

Se il rivelatore dà indicazione nulla, $I_G = 0$, possiamo dire che tra i punti P ed O non vi è tensione. Pertanto:

$$\begin{aligned} \vec{V}_{MP} &= \vec{V}_{MO} \\ \vec{V}_{NP} &= \vec{V}_{NO} \end{aligned} \quad (13.1)$$

Se le \dot{Z}_i sono definite come rapporto tra tensione ai morsetti e corrente entrante dal morsetto non collegato allo schermo, le (13.1) possono anche scriversi:

$$\begin{aligned} \dot{Z}_1 \bar{I}_1 &= \dot{Z}_4 \bar{I}_4 \\ \dot{Z}_2 \bar{I}_2 &= \dot{Z}_3 \bar{I}_3 \end{aligned} \quad (13.2)$$

Perché le (13.2) possano tradursi nella nota relazione tra le impedenze (vedi § 12.2) che esprime l'equilibrio del ponte, sarebbe necessario che fosse:

$$\begin{aligned} -\bar{I}_1 &= \bar{I}_2 \\ -\bar{I}_3 &= \bar{I}_4 \end{aligned} \quad (13.3)$$

Ma, ammesso pure che fosse $\bar{I}_G = \bar{I}'_G = 0$, e che fossero trascurabili le correnti di dispersione derivate dai vertici di rivelazione P ed O verso terra e gli oggetti circostanti, dall'indicazione di zero del rivelatore non derivano le (13.3) ma le altre:

$$\begin{aligned} -\bar{I}'_1 &= \bar{I}'_2 \\ -\bar{I}'_3 &= \bar{I}'_4 \end{aligned}$$

Di conseguenza, il modo di collegare gli schermi ai 4 lati del ponte mostrato in Fig. 13.11 non è consigliabile per una misura corretta.

Se si prende invece in esame l'inserzione secondo lo schema della Fig. 13.12, si possono ancora scrivere le (13.1) e (13.2). Inoltre, ammesso $\bar{I}_G = \bar{I}'_G = 0$, e che le correnti di dispersione dai vertici P ed O siano nulle, sono verificate anche le (13.3).

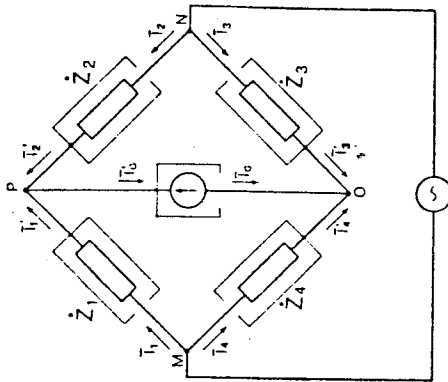


Fig. 13.11

La inserzione dei componenti secondo lo schema della Fig. 13.12 permette dunque di scrivere la nota relazione tra le impedenze dei quattro lati del ponte.

Riepilogando: per poter scrivere le condizioni di equilibrio in termini di impedenze, è necessario che siano verificate le relazioni (13.3) che legano tra loro le correnti uscenti dai morsetti non collegati allo schermo. Poiché la verifica sperimentale di tali relazioni è demandata al rivelatore, ne consegue che, salvo particolari esigenze, i morsetti non vincolati allo schermo devono sempre far capo al lato di rivelazione.

Ciò ha valore rigoroso quando si rendano nulle le correnti di dispersione verso terra e gli oggetti circostanti, derivate dai vertici P ed O .

Per scrivere le relazioni (13.3) abbiamo dovuto ammettere

$$\bar{I}_G = \bar{I}'_G = 0$$

In realtà, l'indicazione nulla al galvanometro assicura che

$$\bar{I}_G = 0$$

ma in generale non

$$\bar{I}'_G = 0$$

Questo a causa delle correnti relative all'accoppiamento dello schermo del rivelatore verso la terra e gli oggetti circostanti.

Mostriamo nei due paragrafi che seguono due soluzioni al problema. L'una che, pur non assicurando che $\bar{I}_G = \bar{I}'_G = 0$, permette di tenere esattamente conto della corrente \bar{I}'_G derivata dal lato di rivelazione. L'altra che permette di assicurare la condizione richiesta in maniera rigorosa.

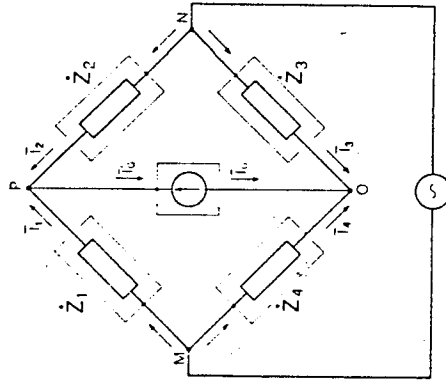


Fig. 13.12

13.9 LA MESSA A TERRA DI UN VERTICE DI ALIMENTAZIONE.

Vediamo ora la prima soluzione al problema esposto alla fine del paragrafo precedente.

Nello schema della Fig. 13.13 il punto M è connesso a terra ed il rivelatore è munito di un doppio schermo. Lo schermo più interno è collegato al vertice P , quello esterno a terra.

I due schermi del rivelatore costituiscono nel loro insieme un condensatore. Per di più lo schermo interno risulta direttamente accoppiato solo con quello esterno e non con altri oggetti.

In condizioni di zero del rivelatore, cioè quando $\bar{I}'_G = 0$, in genere risulterà $\bar{I}'_G \neq 0$.

L'entità di questa corrente dipende dalla capacità del condensatore rappresentato dai due schermi del rivelatore e dalla tensione fra essi applicata, coincidente con la \bar{V}_{MP} .

Si può valutare l'entità della corrente \bar{I}'_G , qualora non risulti trascurabile, correggere le equazioni di equilibrio.

Ciò si fa, in genere, considerando in parallelo con l'impedenza del lato PM il condensatore costituito dai due schermi del rivelatore, di cui naturalmente dovrà essere nota la capacità.

L'esame precedente prescinde dagli accoppiamenti verso terra dei vertici P , N , O (intendendo per vertice il complesso dei collegamenti che confluiscono in un nodo del ponte). In realtà tra i vertici P , N , O e la terra esistono delle capacità parassite.

La capacità tra il vertice N e la terra viene a trovarsi in parallelo con il generatore, e quindi non influenza le condizioni di equilibrio del ponte.

Altrettanto non può dirsi per le capacità dei vertici P ed O verso terra, che vengono a trovarsi proprio in parallelo, rispettivamente, con le impedenze dei lati PM e OM e quindi influenzano l'equilibrio del ponte.

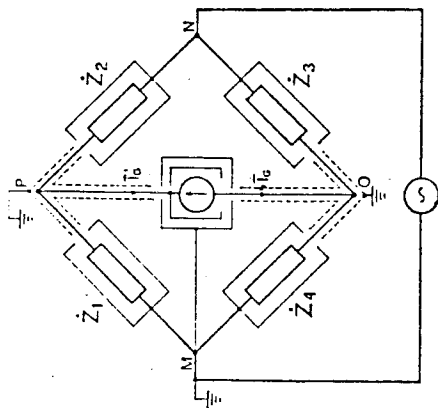


Fig. 13.13

Si può rendere definite queste capacità e calcolabili perciò i loro effetti, utilizzando per i collegamenti confluenti nei vertici P ed O dei conduttori schermati, con gli schermi connessi a terra (vedi Fig. 13.13). In questo modo, anzitutto vengono annullati gli effetti delle capacità verso terra dei vertici, dato che gli schermi sono a potenziale di terra. D'altra parte, le capacità conduttore-schermo vengono a trovarsi rispettivamente in parallelo con i lati MO e MP ; se sono note le caratteristiche del cavetto, tali capacità si possono portare esattamente in conto nelle equazioni di equilibrio.

È infine da tener presente che, sinora, non si sono prese in considerazione le capacità dei vertici tra loro. In effetti, queste capacità risultano quasi sempre trascurabili rispetto a quelle dei vertici verso terra e pertanto se ne può non tener conto.

13.10 LA MESSA A TERRA DI UN VERTICE DI RIVELAZIONE.

Vediamo ora una possibile soluzione al problema, accennato alla fine del § 13.8, di rendere $\bar{I}'_G = \bar{I}'_G$.

Consideriamo lo schema di Fig. 13.14. In esso il vertice di rivelazione O è connesso francamente a terra e a questo è collegato lo schermo del rivelatore, che perciò non disperde corrente verso terra. Nell'ipotesi di trascurare le eventuali dispersioni di corrente dello schermo del rivelatore verso gli oggetti circostanti non a terra, si ha che, quando tra P ed O non vi è differenza di potenziale, è certamente

$$\bar{I}'_G = \bar{I}'_G = 0$$

Questa soluzione presenta, però, un notevole inconveniente. Infatti le capacità verso terra dei vertici M ed N si trovano in parallelo, rispettivamente, alle impedenze Z_4 e Z_3 .

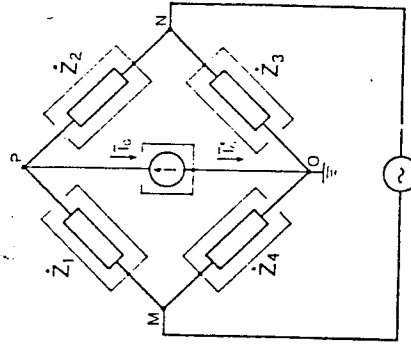


Fig. 13.14

E queste capacità sono notevoli perché comprendono anche le capacità verso terra dei quattro schermi, e non c'è modo di tenerne conto, se non eventualmente ricorrendo ad una doppia schermatura di tutto il complesso.

13.11 LA MESSA A TERRA DI WAGNER.

La soluzione migliore al problema di rendere $\bar{I}_G = \bar{I}'_G$ è data dalla disposizione con messa a terra di Wagner, illustrata in Fig. 13.15.

Questa disposizione mira ad ottenere che i vertici P ed O si trovino, quando il ponte è in equilibrio, a potenziale di terra senza peraltro esservi metallicamente connessi. Ciò permette di conservare il pregio della soluzione illustrata in Fig. 13.14, senza presentarne gli inconvenienti.

Con riferimento alla figura a fianco, Z_1 e Z_2 sono i lati fissi del ponte. Z_3 e Z_6 sono impedenze variabili e costituiscono, quando il commutatore è in posizione T , un ponte ausiliario insieme con le impedenze Z_1 e Z_2 .

Il punto T è collegato a terra. Il ponte principale e quello ausiliario sono solo apparentemente indipendenti. In effetti, esiste tra di essi un accoppiamento e perciò ogni manovra su uno dei due influisce, sia pur di poco, sull'altro. In pratica l'equilibrio contemporaneo di entrambi i ponti può essere ottenuto agendo alternativamente su ciascuno, con il commutatore rispettivamente nelle posizioni T ed O . Quando i ponti sono contemporaneamente in equilibrio, è evidente che i vertici P ed O , oltre naturalmente a T , sono a potenziale di terra.

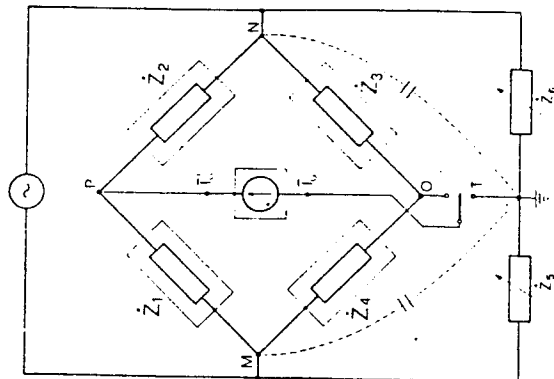


Fig. 13.15

Perciò, dato che lo schermo del rivelatore si trova anch'esso a potenziale di terra, nell'ipotesi sempre di trascurare le dispersioni dallo schermo verso gli oggetti circostanti non a terra, si può ritenere che all'equilibrio sia senz'altro

$$\bar{I}_G = \bar{I}'_G = 0$$

D'altra parte, essendo O e T allo stesso potenziale, tra di essi non vi può essere passaggio di alcuna corrente. Da ciò consegue che le capacità verso terra dei vertici M e N , che si trovano derivate tra i punti M e T , ed N e T , non sono più in parallelo ai lati Z_1 e Z_3 , come invece accade per la soluzione indicata in Fig. 13.14, e pertanto non influiscono più sull'equilibrio del ponte.

Rimangono da considerare, qualora non si ritengano trascurabili, le capacità tra i vertici PN , ON , PM , OM , che sono sempre in parallelo alle rispettive impedenze del ponte.

Gli effetti di queste capacità si possono eliminare con la schermatura dei vertici di rivelazione e la messa a terra dello schermo.

La terra di Wagner si può realizzare anche come in Fig. 13.16, in cui lo schermo del rivelatore è sempre a potenziale di terra. Questa soluzione presenta il vantaggio di ottenere in qualsiasi condizione del ponte, e quindi anche quando si è lontani dall'equilibrio, l'uguaglianza

$$\bar{I}_G = \bar{I}'_G$$

Questo può facilitare il raggiungimento dell'equilibrio del ponte.

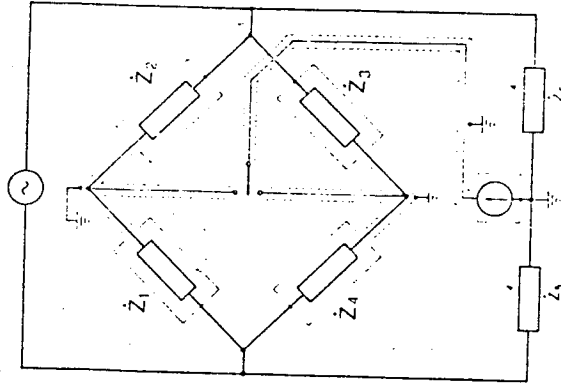


Fig. 13.16

13.12. ACCORGIMENTI PER COLLEGARE AL PONTE LA SOR- GENTE E IL RIVELATORE.

Nei paragrafi precedenti si è sempre fatto riferimento ad un rivelatore munito di schermo. In effetti non è questo l'accorgimento che si adotta per definire gli accoppiamenti parassiti che un rivelatore sempre presenta verso terra e verso gli oggetti circostanti.

Il rivelatore infatti può avere in molti casi dimensioni ragguardevoli, e la sua eventuale schermatura darebbe luogo a capacità derivate tra rivelatore e schermo di entità notevole, tali da influire in maniera considerevole sul comportamento del ponte. Perciò non si usa mai schermare il rivelatore, come invece si fa per i lati del ponte, ma lo si accoppia alla rete del ponte mediante un piccolo trasformatore, detto di accoppiamento.

Nell'ipotesi che tra avvolgimento primario e secondario non vi fossero accoppiamenti capacitivi, il trasformatore realizzerebbe una completa separazione elettrica tra rivelatore e ponte. E in tal caso si potrebbe concludere che le capacità del rivelatore verso terra e gli oggetti circostanti non influiscono più sul comportamento del ponte.

Ma in effetti non è così. Tra i due avvolgimenti del trasformatore vi è un accoppiamento di tipo capacitivo. Questo costringe a munire i due avvolgimenti di schermi separati per localizzare e definire tali capacità che possono influire sulle condizioni di equilibrio del ponte. Caso per caso, poi, a seconda delle condizioni che si impongono ai potenziali dei vertici del ponte, occorre studiare il collegamento più idoneo per gli schermi del trasformatore.

Considerazioni in tutto analoghe si possono fare per le sorgenti, e portano a concludere che in molti casi è opportuno adottare un trasformatore anche per collegare la sorgente al ponte stesso.

13.13 CIRCUITI EQUIVALENTI DEI COMPONENTI.

Abbiamo visto al § 13.6 la necessità di collegare un morsetto del componente al suo schermo, per definirne l'impedenza come rapporto tra DdP ai morsetti e corrente entrante nel morsetto non collegato allo schermo. In tal modo è univocamente definita l'impedenza del componente fra i due morsetti.

Il costruttore fornisce, di solito, lo schema equivalente del componente munito di schermo. E allora possibile, con riferimento a tale schema, determinare l'impedenza del componente.

In Fig. 13.17 viene mostrato, a titolo di esempio, il circuito equivalente di un resistore campione di $1\text{ M}\Omega$, dotato di dispositivo di guardia e schermatura.

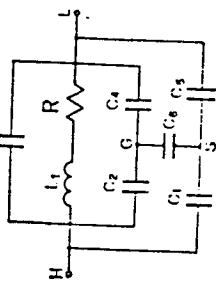


Fig. 13.17

G = guardia	S = schermo
R = $1\text{ M}\Omega$	$L_1 = 21\ \mu\text{H}$
$C_1 = 40\ \text{pF}$	$C_2 = 252\ \text{pF}$
$C_3 = 24\ \text{pF}$	$C_4 = 52\ \text{pF}$
$C_5 = 18\ \text{pF}$	$C_6 = 1750\ \text{pF}$

Ancora in Fig. 13.18 viene mostrato il circuito equivalente di un condensatore campione di grande pregio. Il suo valore nominale è di $1000\ \text{pF}$.

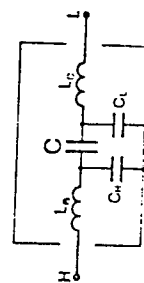


Fig. 13.18

C = $1000\ \text{pF}$
$L_C = 0,05\ \mu\text{H}$
$C_H = 30\ \text{pF}$
$C_L = 28\ \text{pF}$

I morsetti sono indicati con H ed L, iniziali delle parole in lingua inglese HIGH e LOW, che si riferiscono al potenziale del morsetto rispetto allo schermo. Con l'elemento inserito nel ponte, il morsetto H deve trovarsi al potenziale maggiore rispetto allo schermo, e quello L al punto a potenziale minore. Quando si ritiene opportuno collegare un morsetto allo schermo, sarà il morsetto L ad essere collegato all'involucro metallico.

13.14 GUIDA AD UN MAGGIORE APPROFONDIMENTO.

— Teoria delle ammettenze di terra dei ponti: [11] pag. 538-540

— Circuiti equivalenti di un ponte in c.a.: [10] pag. 187-sg.

— Trasformatori di accoppiamento: [11] pag. 535-538

questo procedimento non richiede la conoscenza dei valori degli elementi che formano il ponte e quindi prescinde da tutti gli effetti di capacità parassite. Talvolta, per maggior comodità, anziché variare la G_3 , si rende variabile la C_6 e si utilizza la [7-28] per ricavare G_x .

7-6.6. Ponti con amplificatori operazionali.

L'opposizione di fase fra due correnti può ottenersi anche mediante l'impiego di amplificatori operazionali; nello schema di fig. 7-73 si ha infatti:

$$\frac{\dot{E}}{Z_1} + \frac{\dot{E}'}{Z_2} = 0.$$

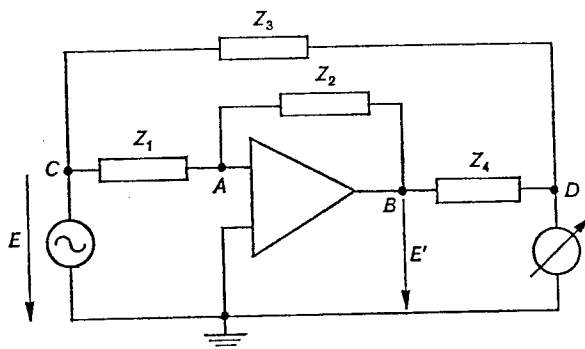


Fig. 7-73

Quando il rivelatore segna l'equilibrio, è anche:

$$\frac{\dot{E}}{Z_3} + \frac{\dot{E}'}{Z_4} = 0$$

ossia:

$$-\frac{\dot{E}}{\dot{E}'} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

come in un ponte normale.

Il circuito ha il pregio di mantenere al potenziale di terra un estremo sia del generatore che del rivelatore di zero; al potenziale di terra si trova anche il punto A . Se l'amplificatore ha un'impedenza d'uscita sufficientemente piccola, il suo funzionamento non è influenzato dalle ammettenze fra il nodo B e terra. Anche le altre ammettenze verso terra (dai nodi C e D) non intervengono nell'equilibrio.