

SISTEMA

ELETTROLOGIA 2

NTP9900-4E

MODULARE

**FISICA – SISTEMA MODULARE PER LA SPERIMENTAZIONE DEGLI
ALLIEVI**

SCHEDARIO ELETTROLOGIA 2

NTP9160-4E

CONTENUTO DELLA CASSETTA: ELETTRROLOGIA 2 NTP9160-4E

ELETTRROLOGIA 2 - ELETTROMAGNETISMO

NTP9160-4E

1E2	1	Spina con ago
2E2	1	Piastrine portamagneti – coppia
3E2	1	Manicotto portamagnete
4E2	2	Magnete cilindrico
5E2	1	Supporto rotante per magnete
6E2	1	Sfera per magnetismo terrestre
7E2	1	Limatura di ferro
8E2	1	Bussola
9E2	4	Sbarrette di ferro filettate, magnetizzabili
11E2	1	Sonda magnetica - Magnaprobe
12E2	2	Elettroscopio costituito da supporto con spina ed indicatore metallico + piastrella 20E2
13E2	1	Astina di plexiglass con foro
14E2	1	Bacchetta di PVC con foro
15E2	1	Bacchetta di alluminio cm 15
16E2	1	Bacchetta di plexiglass cm 15
17E2	1	Bacchetta di PVC cm 15
18E2	1	Panno sintetico
19E2	1	Tubicino al neon
20E2	2	Piastrelle con boccia
21E2	2	Striscioline di alluminio
22E2	1	Lampada a bagliore in piastrella su spine
23E2	1	Spirale scaldante in piastrella su spine
24E2	1	Interruttore in piastrella su spine
25E2	1	Bandella di ottone
26E2	1	Bandella di acciaio
27E2	1	Lamina bimetallica
28E2	1	Nucleo di ferro ad U
29E2	1	Giogo diritto laminato per detto
30E2	1	Dispositivo di chiusura per nuclei
31E2	1	Piastrella per bobina 2 x 800 spire
32E2	1	Bobina 2 x 800 spire su coppia di spine
33E2	1	Bobina 800 spire su coppia di spine
34E2	1	Piastrella per bobina 800 spire
35E2	1	Spinotti di appoggio
36E2	1	Collettore ad anello
37E2	1	Commutatore (disco con semicerchi metallici)
38E2	1	Espansioni polari – coppia
39E2	1	Contatti striscianti su spina, per motore di montaggio
40E2	1	Astina di contatto
41E2	1	Nucleo di ferro cilindrico, massiccio
42E2	1	Motorino in piastrella su spine

Attenzione: il numero progressivo e la lettera che precedono la descrizione dei singoli elementi costituiscono la cosiddetta "posizione" dell'elemento stesso che lo contraddistingue nelle schede di sperimentazione.

ELETTROLOGIA 2 – ELETTROMAGNETISMO

9160-4EI

Elenco delle esperienze

- E 9 - Elettromagnetismo**
E 9.1. Campo magnetico generato da una corrente elettrica
E 9.2. Campo magnetico generato da una bobina
E 9.3. Applicazioni dell'elettromagnetismo
E 9.4. Il martello di Wagner
E 9.5. Interruttore automatico di sicurezza
E 9.6. Interruttore di sicurezza a bimetallo

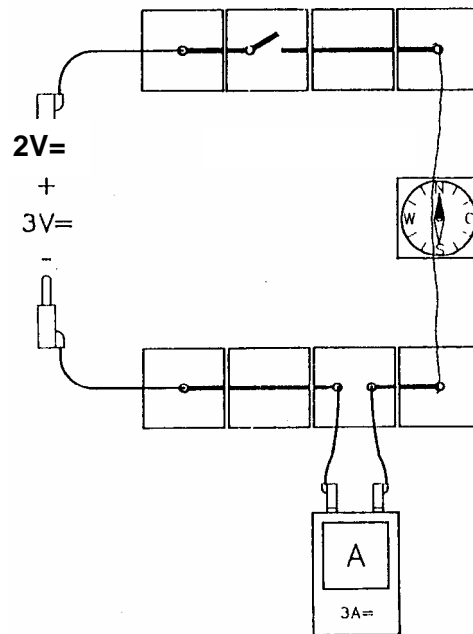
- E 10 - Elettrodinamica**
E 10.1. La forza di Lorentz
E 10.2. Principio di funzionamento del motore elettrico
E 10.3. Il motore in corrente continua
E 10.4. Il motore elettrico universale
E 10.5. Lo strumento di misura a ferro mobile

- E 11 - Induzione elettromagnetica**
E 11.1. Induzione prodotta da una calamita
E 11.2. Induzione prodotta da una elettrocalamita
E 11.3. La forza elettromotrice indotta
E 11.4. Principio di funzionamento del generatore
E 11.5. L'alternatore
E 11.6. La dinamo
E 11.7. Accoppiamento per induzione di circuiti
E 11.8. Il trasformatore
E 11.9. Trasformatore a vuoto e sotto carico
E 11.10. Potenza di un trasformatore
E 11.11. L'autotrasformatore
E 11.12. La legge di Lenz
**** E 11.13.** Freno ad induzione
E 11.14. L'autoinduzione
E 11.15. La bobina nei circuiti in c.c. ed in c.a.
E 11.16. Resistenza di una bobina in c.a.

- **** Per la realizzazione dell'esperienza contrassegnata, occorrono alcuni elementi facenti parte della dotazione del modulo **Stativi e Meccanica 1**

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle con spine per detta:	
3E1	Condotto ad angolo	1
5E1	Condotto ad angolo con boccola	1
6E1	Condotto di collegamento al circuito	4
7E1	Condotto diritto	3
11E1	Interruttore	1
19E1	Condotto interrotto con due boccole	1
17E1	Morsetto a bocca di coccodrillo con spine	2
26E1	Filo di costantana cm 18	
8E2	Bussola	1
	Alimentatore	
	Amperometro	
	Fili di collegamento	4



Nel 1820 Oersted scoprì che, se un conduttore è percorso da corrente elettrica, nello spazio circostante si genera un campo magnetico. Questo fenomeno, detto anche **effetto magnetico della corrente elettrica**, costituisce la base dell'elettromagnetismo.

Montaggio: realizzare il circuito schematizzato nella figura. Nella boccola delle piastrelle **A** e **B** infilare un morsetto a bocca di coccodrillo in modo da poter tendere fra essi un pezzo di filo di costantana lungi circa cm 18; disporre sotto il filo una piastrina conduttore ed appoggiare su di essa la bussola, che fungerà da indicatore di campo.

Ruotare la piastra di base fino a portare il conduttore parallelo all'ago della bussola (che si è spontaneamente aperto nella direzione Nord-Sud).

Applicare al circuito, con interruttore aperto, una tensione di 2 V; il fondo scala dell'amperometro è 3 A =.

Nel secondo esperimento il circuito va modificato in modo da portare le piastrelle **A** e **B** l'una contro l'altra per far sì che il filo conduttore possa essere piegato a formare una spira.

Esperimento 1: chiudere l'interruttore ed operare con sufficiente rapidità, poiché il conduttore ha bassissima resistenza e costituisce quasi un corto circuito. Sollevare la bussola, osservando il nuovo orientamento dell'ago, e spostarla, sempre alla stessa distanza sopra il filo.

Invertire la polarità della tensione applicata al conduttore, scambiando i collegamenti all'alimentatore, e ripetere i rilevamenti con la bussola.

Come si comporta l'ago magnetico rispetto al caso precedente?

Esperimento 2: modificato il circuito secondo le indicazioni fornite nel montaggio, chiudere l'interruttore dopo aver controllato che il piano della spira sia parallelo all'ago della bussola. Non appena la spira è percorsa da corrente elettrica l'ago magnetico si orienta verso di essa e l'angolo è massimo, quando l'ago si trova al centro della spira.

Invertendo il senso della corrente elettrica, come si orienta l'ago?

Conclusioni: quando la corrente elettrica percorre un conduttore rettilineo, l'ago magnetico, disposto in prossimità del filo, devia dalla sua naturale direzione Nord-Sud di orientamento; la deviazione dipende dalla direzione della corrente e dalla posizione dell'ago rispetto al filo. Ciò prova che il movimento delle cariche elettriche produce nello spazio circostante un campo magnetico, le cui linee di forza sono circonferenze concentriche attorno al conduttore.

Se il conduttore è curvato a formare una spira circolare, le linee di forza, che circondano il conduttore, entrano da una faccia della spira, ed escono dall'altra, tutte nella stessa direzione: in tal modo la spira si comporta come un disco magnetico e presenta su una faccia il polo Nord e sulla faccia opposta il polo Sud.

L'intensità del campo è massima al centro della spira, ove le linee di forza risultano maggiormente addensate.

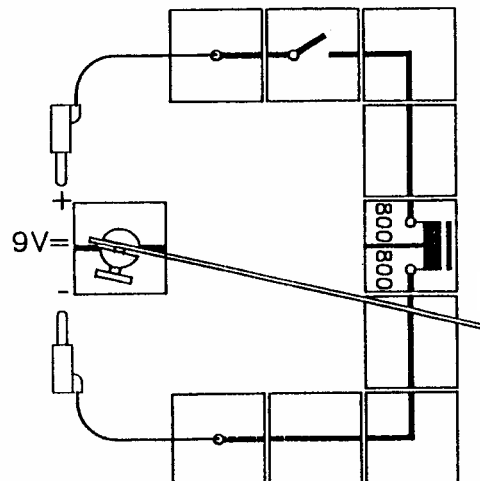
Quanto alla polarità delle due facce della spira, si può facilmente identificare con la regola dell'orologio: se la corrente circola nella spira in senso orario, la faccia rivolta verso l'osservatore è il polo Sud e la faccia opposta è il polo Nord.

CAMPO MAGNETICO GENERATO DA UNA BOBINA

E 9.2.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle con spine per detta:	
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	3
11E1	Interruttore	1
15E1	Piastrina con boccola	1
31E2	Piastrina per bobina 2 x 800 spire	1
11E2	Sonda magnetica – magnaprobe	1
25E2	Bandella di acciaio	1
32E2	Bobina 2 x 800 spire, su spine	1
41E2	Nucleo cilindrico di ferro	1
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	2



Un filo conduttore avvolto ad elica cilindrica in modo da avere tante spire l'una contro l'altra prende il nome di solenoide (dal greco "tubo"); se l'avvolgimento comprende vari strati si ottiene la bobina. Scopo dell'esperimento è studiare il comportamento di una bobina percorsa da corrente continua.

Montaggio: predisporre il circuito secondo l'illustrazione, innestando negli appositi fori della piastra di base gli spinotti delle piastrelle; inserire la bobina 2 x 800 spire nella propria piastrina di supporto ed alimentare il circuito con 9 V = prelevati da un alimentatore.

Esperimento 1: saggiare lo spazio attorno alla bobina mediante la sonda magnetica "magnaprobe": il magnetino indicatore si disporrà parallelamente alle linee di forza del campo, mostrandone l'esistenza e provando altresì che nelle due aperture frontali della bobina, hanno sede rispettivamente un polo Nord ed un polo Sud.

Aprire l'interruttore e ripetere l'esperimento: si noterà che il campo magnetico è scomparso.

Esperimento 2: invertire il collegamento del circuito all'alimentatore, chiudere l'interruttore, poi sondare nuovamente il campo magnetico con magnaprobe ad annotare la direzione delle linee di forza e la polarità delle due estremità della bobina rispetto ai segni delle boccole dell'alimentatore, alle quali l'avvolgimento fa capo. Aprire l'interruttore.

Esperimento 3: montare nella piastrina con boccola il supporto con fenditura e fissare in questa la bandella di acciaio, disponendone l'estremità libera a circa cm 1 dall'apertura della bobina. Chiudere l'interruttore.

Il campo magnetico generato dalla bobina è sufficientemente intenso da attirare la bandella di acciaio? Aprire il circuito.

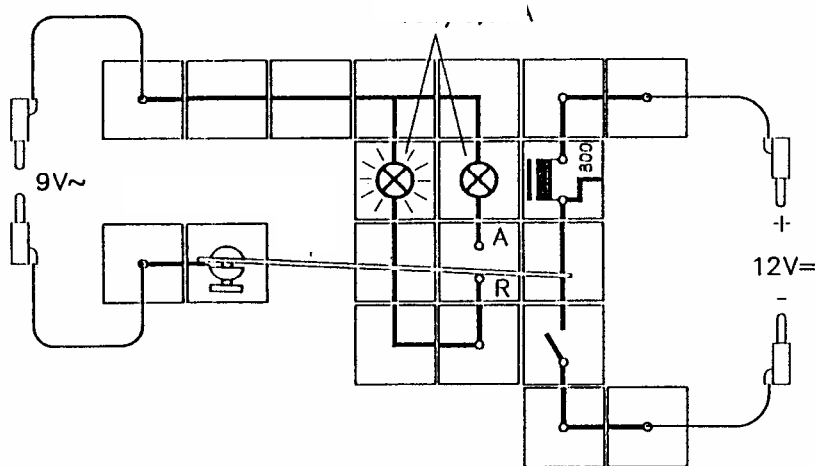
Esperimento 4: inserire il nucleo cilindrico di ferro nella cavità della bobina, regolare come prima la posizione della bandella e chiudere il circuito: la bandella viene fortemente attratta e, a causa di un certo magnetismo residuo del nucleo, non torna indietro, quando si riapre l'interruttore. Questo inconveniente può essere ovviato, correggendo opportunamente la posizione (distanza) della bandella rispetto alla bobina, ma è utile per notare che il ferro conserva un po' del magnetismo acquisito ad opera della corrente elettrica, che percorre la bobina.

Conclusioni: una bobina percorsa da corrente elettrica continua genera un campo magnetico. Le polarità che essa presenta alle due estremità (aperture) dipendono dal senso di percorrenza della corrente: il polo Nord si trova all'estremità ove l'avvolgimento è collegato al polo positivo della sorgente di tensione (alimentatore). Il campo magnetico generato corrisponde a quello di una calamita cilindrica lineare.

Il nucleo di ferro intensifica enormemente il campo magnetico generato dalla corrente che percorre la bobina. Ciò è sfruttato nella tecnica per produrre le cosiddette **elettrocalamite**.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle con spine per detta:	
2E1	Conduttore a T	1
3E1	Conduttore ad angolo	2
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	3
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	4
7E1	Conduttore diritto	4
11E1	Interruttore	1
15E1	Piastrella con boccola	1
18E1	Portalamпада E 10	2
19E1	Conduttore interrotto	1
34E1	Piastrella per bobina con 800 spire	1
16E1	Supporto con fenditura	1
17E1	Morsetti a bocca di coccodrillo con spina	2
24E1	Lampadina 10V/0,05A	2
26E2	Bandella di acciaio	1
33E2	Bobina 800 spire, su coppia di spine	1
41E2	Nucleo cilindrico di ferro	1
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	4



Quanto osservato nelle esperienze precedenti, e in particolare il funzionamento della bobina percorsa da corrente elettrica, ha notevoli applicazioni pratiche: l'elettrocalamita, il relais, il campanello ecc. ne sono tipici esempi.

Scopo del presente esperimento è illustrare il principio di funzionamento del relais e mostrarne l'impiego in due diversi circuiti come elemento di comando (interruttore e deviatore).

Montaggio: inserire le piastrelle nella piastra di base in modo da realizzare il circuito rappresentato nell'illustrazione; per la prima prova non devono essere montate le piastrelle tratteggiate. Innestare nei due fori della piastrella conduttore interrotto gli spinotti dei due morsetti a

bocca di coccodrillo; fra questi disporre l'estremità libera della bandella elastica di acciaio, montata nel modo ormai noto, e regolare la colonnina di supporto di modo che la bandella poggi contro il morsetto **R** (contatto di riposo).

Inserire il nucleo di ferro nella bobina, poi collegare il circuito principale all'alimentatore (uscita c.a.) regolato su 9 V ed il circuito pilota (di comando) all'uscita c.c., predisposta su 12 V (l'interruttore inserito in questo circuito deve essere aperto).

Per la seconda prova occorre inserire le piastrelle tratteggiate di modo che il circuito principale abbia due rami: la bandella elastica dovrà, anche in questo caso, essere regolata per poggiare su **R**.

Esperimento 1: chiudere l'interruttore; la bobina con il nucleo di ferro, percorsa dalla corrente elettrica, diventa un elettrocalamita ed attira a sé la bandella elastica, la quale va a chiudere il circuito principale sul contatto **A** (di lavoro): la lampadina si accende.

Esperimento 2: realizzata la variante circuitale su descritta, aprire l'interruttore del circuito di comando ed accendere l'alimentatore; poiché la bandella elastica di acciaio poggia sul contatto **R**, chiudendo il ramo comprendente la lampadina di sinistra, questa si accende. Chiudere l'interruttore di comando; la bobina attira a sé la bandella elastica, la quale apre il ramo sinistro del circuito (contatto **R**) e va a chiudere il ramo di destra sul contatto **A**: la lampadina di sinistra si spegne e quella di destra si accende.

Conclusioni: il relais è un dispositivo elettromagnetico che, a seconda del numero di contatti di lavoro, può funzionare come interruttore o come deviatore; il circuito principale, nel quale viene inserito un relais, può essere comandato dall'esterno, operando sul circuito pilota.

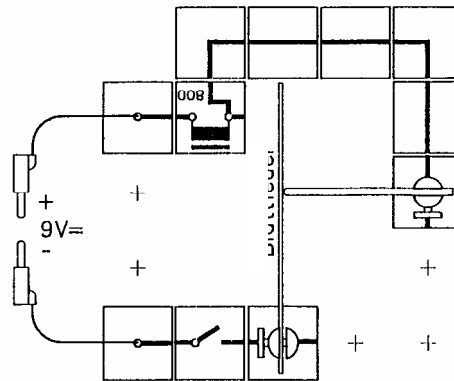
Per quanto concerne i contatti di lavoro, quando la bobina non è percorsa da corrente, ogni relais ha un contatto normalmente aperto ed uno normalmente chiuso.

IL MARTELLO DI WAGNER

E 9.4

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle con spine per detta:	
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	3
11E1	Interruttore	1
15E1	Piastrina con boccola	2
16E1	Supporto con fenditura	2
34E2	Piastrina per bobina con 800 spire	1
17E1	Morsetto a bocca di coccodrillo	1
26E2	Bandella di acciaio	1
33E2	Bobina 800 spire, su coppia di spine	1
40E2	Astina di contatto	1
41E2	Nucleo cilindrico di ferro	1
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	2



Un'altra interessante e comune applicazione pratica dell'elettromagnetismo è il campanello elettrico, la cui parte fondamentale è l'interruttore automatico, detto martello di Wagner, oggetto di studio del presente esperimento.

Montaggio: realizzare il circuito schematizzato nell'illustrazione, inserendo gli spinotti delle varie piastrelle nei fori della piastra di base.

La bobina con il nucleo di ferro inserito, l'astina di contatto, la bandella elastica di acciaio e l'interruttore sono collegati in serie. La bandella elastica deve distare circa mm 7 dal nucleo di ferro e l'astina di contatto deve premere contro la bandella onde chiudere il circuito.

Collegare le estremità del circuito all'uscita c.c. dell'alimentatore predisposto di 9 V.

Esperimento: chiudere l'interruttore: la bandella elastica viene attirata dal nucleo della bobina percorsa dalla corrente elettrica ed il contatto fra l'astina e la bandella viene interrotto. Il nucleo di ferro rilascia la bandella ed il circuito nuovamente si chiude, ricominciando il ciclo. La bandella oscilla aprendo e chiudendo il circuito continuamente: questo dispositivo è il **Martello di Wagner**.

Un morsetto a bocca di coccodrillo con spinotto può essere montato all'estremità libera della bandella per ridurre la frequenza di oscillazione. Un bicchiere avvicinato allo spinotto fino a toccarlo mentre esso vibra, simula la campanella e produce un suono.

Durante il funzionamento è possibile vedere lo scintillio dei contatti.

Conclusioni: una bandella elastica può aprire e chiudere un circuito ripetutamente a mezzo di un particolare dispositivo elettromagnetico che viene alimentato attraverso la bandella stessa. Il numero di interruzioni, essendo il circuito in corrente continua, dipende dalle caratteristiche della bandella.

Nota: se si elimina l'astina di contatto e si alimenta la bobina con corrente alternata a 12V, chiudendo il circuito con 3 piastrelle "conduttore diritto" e 1 piastrella "conduttore ad angolo", la bandella si mette a vibrare, allorché si chiude l'interruttore. Ciò si verifica, anche senza il martelletto di Wagner, in quanto l'intensità di corrente passa dal valore massimo al valore minimo

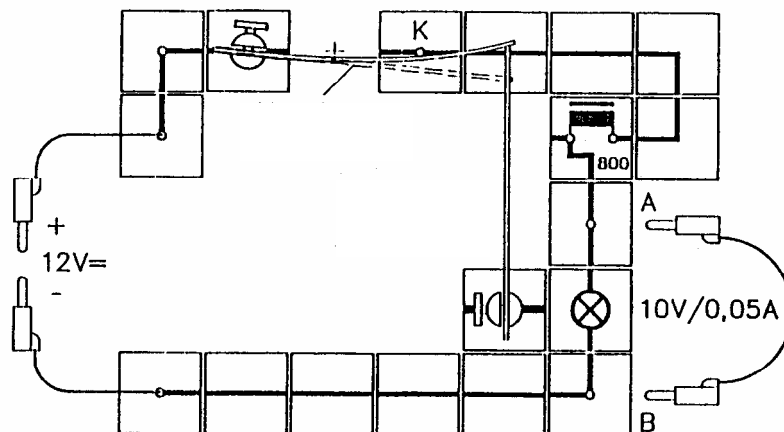
(passando attraverso lo zero) 50 volte al secondo, sollecitando la bandella con 100 impulsi magnetici. Questo dispositivo funzionante in corrente alternata, è detto **cicalina**.

INTERRUTTORE AUTOMATICO DI SICUREZZA

E 9.5.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle con spine per detta:	
3E1	Conduttore ad angolo	2
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	5
8E1	Conduttore diritto con boccola	2
15E1	Piastrina con boccola	2
18E1	Portalamada E 10	1
34E2	Piastrina per bobina a 800 spire	1
16E1	Supporto con fenditura	2
17E1	Morsetto a bocca di coccodrillo con spina	1
24E1	Lampadina 10V/0,05 A	1
25E2	Bandella di ottone	1
26E2	Bandella di acciaio	1
33E2	Bobina 800 spire	1
41E2	Nucleo cilindrico di ferro	1
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	3



Un'interessante applicazione pratica dell'elettromagnetismo, che per la prima volta viene inserita nelle esercitazioni degli studenti, è l'interruttore magnetico automatico. Questo dispositivo capace di interrompere un circuito elettrico, quando si verifica un corto circuito, ha notevole importanza nella vita quotidiana e, pertanto, merita attenzione; un corso sperimentale di elettrologia non può prescindere, infatti, dalla presentazione delle norme di sicurezza, che si devono osservare nell'uso della corrente elettrica.

Montaggio: predisporre il circuito elettrico schematizzato nell'illustrazione, innestando gli spinotti delle piastrelle nei fori della piastra di base.

La bandella di ottone, nella posizione di riposo, deve essere mantenuta contro il morsetto a bocca di coccodrillo **K**, dalla bandella di acciaio, montata di fronte alla bobina con nucleo di ferro ad una distanza di mm 6-8.

La bandella di acciaio non è collegata elettricamente: il circuito che alimenta la bobina viene chiuso dalla bandella di ottone, quando essa preme contro il morsetto **K**.

Esperimento: collegare il montaggio all'uscita c.c dell'alimentatore regolata su 12V: la lampadina si accende grazie alla continuità del circuito assicurata dalla bandella di ottone.

Provocare un corto circuito, inserendo le banane di un cavetto corto nei fori delle piastrelle **A** e **B**; mancando l'utilizzatore (la lampadina viene esclusa), la resistenza del circuito diminuisce e l'intensità di corrente che attraversa la bobina aumenta istantaneamente: ciò provoca l'attrazione della bandella di acciaio e l'immediato scatto di quella di ottone, la quale apre il contatto con **K**. Questo contatto non può essere ripristinato finché permane lo stato di corto circuito: fare una prova per essere certi.

Conclusioni: l'interruttore automatico di sicurezza, detto anche **fusibile magnetico** è un dispositivo capace di interrompere il circuito elettrico, nel quale è inserito, non appena l'intensità di corrente supera il valore di taratura a causa di un carico eccessivo o di un corto circuito.

Questo tipo di interruttore è montato in tutti gli impianti domestici.

INTERRUTTORE DI SICUREZZA A BIMETALLO

E 9.6.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle con spine per detta:	
2E1	Conduttore a T	2
3E1	Conduttore ad angolo	2
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	3
7E1	Conduttore diritto	3
11E1	Interruttore	1
15E1	Piastrina con boccola	2
18E1	Portalampada	2
23E2	Spirale riscaldante	1
16E1	Supporto con fenditura e foro	2
17E1	Morsetto a bocca di coccodrillo con spina	1
24E1	Lampada 10V/0,05 A	1
26E2	Bandella di acciaio	1
27E2	Lamina bimetallica	1
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	3

Sebbene l'interruttore a bimetallo non sia un'applicazione dell'elettromagnetismo, esso viene esaminato in questa scheda onde ampliare lo studio dei dispositivi di sicurezza nei circuiti elettrici.

Montaggio: realizzare il circuito schematizzato nell'illustrazione, tenendo presente che la piastrina con spirale riscaldante è inserita in parallelo alla lampadina superiore.

La lamina bimetallica con la superficie a dischetti disposta (nel disegno) verso il basso, tiene la bandella metallica elastica contro il morsetto a bocca di coccodrillo della piastrina **A**. In tal modo il circuito elettrico viene chiuso dalla stessa bandella, senza che la lamina bimetallica ne faccia parte. La regolazione ottimale della pressione della lamina bimetallica contro la bandella elastica, si ottiene portando il bimetalli di 5 mm avanti nella propria colonnina di supporto, dal punto in cui la bandella tocca il morsetto a bocca di coccodrillo.

La tensione di alimentazione è 12 V.

Esperimento: chiudere l'interruttore: si accende la lampadina di destra mentre quella in parallelo alla spirale riscaldante rimane spenta. Ciò dimostra che il circuito elettrico, nel quale la lampadina di destra rappresenta l'utilizzatore è chiuso dal contatto fra la bandella elastica ed il morsetto a bocca di coccodrillo della piastrina **A**.

Infilare un cavetto nelle due boccole dei conduttori ad angolo in modo da cortocircuitare l'utilizzatore: dopo alcuni istanti la lamina bimetallica si incurva verso l'alto liberando la bandella metallica, la quale per elasticità scatta interrompendo il contatto in **A**. La lampadina superiore si accende indicando lo scatto dell'interruttore a bimetallo.

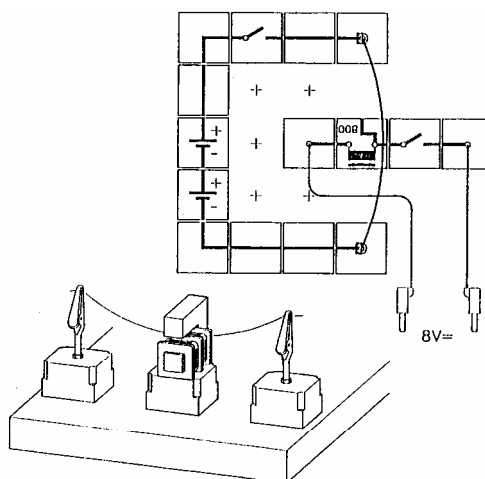
Se alla chiusura dell'interruttore di comando nessuna delle due lampade si accende, vuol dire che il contatto in **A** non è perfetto e va quindi verificato.

Conclusioni: poiché una lamina bimetallica si deforma per effetto del calore, questa proprietà può essere utilizzata per costruire un interruttore termico di sicurezza.

La deformazione della lamina si verifica in quanto nel momento del corto circuito l'intensità di corrente, che percorre la resistenza, aumenta enormemente provocandone il surriscaldamento.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle con spine per detta:	
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	4
7E1	Conduttore diritto	4
10E1	Accumulatore	2
11E1	Interruttore	1
15E1	Piastrina con boccola	2
24E2	Interruttore	1
33E2	Piastrina per bobina a 800 spire	1
17E1	Morsetti a bocca di coccodrillo con spina	2
26E1	Filo di rame	1
4E2	Magnete cilindrico	1
28E2	Nucleo ad U	1
30E2	Dispositivo di chiusura	1
33E2	Bobina a 800 spire	1
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	2



E' noto ormai che un conduttore percorso da corrente elettrica produce attorno a sé un campo magnetico.

Con questo esperimento si vuole studiare l'interazione fra questo campo ed un secondo campo magnetico generato da una calamita cilindrica o da un'elettrocalamita.

Montaggio: predisporre il montaggio come nella figura. L'esperimento è costituito da due prove: nella prima viene utilizzato il solo circuito comprendente il filo di rame sorretto da due morsetti a bocca di coccodrillo con spina (come sorgente di energia elettrica vengono usate le due piastrelle con accumulatore ricaricabile); per la seconda prova occorre montare il circuito comprendente la bobina da 800 spire con nucleo ad U, fra i cui poli deve potersi muovere liberamente il filo di rame (a questo circuito deve essere applicata una tensione di 8 V =, prelevata da un alimentatore in c.c.). La figura in basso mostra la corretta disposizione dei componenti.

Esperimento 1: tenendo la calamita cilindrica verticale sul centro del filo con il polo Nord a meno di cm 1 da esso, osservare il comportamento di questo, allorché viene chiuso l'interruttore. Prendere nota del verso della corrente (ad es. da **A** a **B**), della direzione del campo magnetico e della direzione di spostamento del filo.

Ripetere la prova con il polo Sud ed annotare le nuove osservazioni.

Ripetere ulteriormente le due prove, dopo aver invertito gli accumulatori (verso della corrente da **B** ad **A**), ed annotare anche in questi casi le osservazioni.

Non lasciare mai chiuso l'interruttore per non scaricare rapidamente gli accumulatori.

Esperimento 2: montare il circuito dell'elettrocalamita secondo quanto detto sopra poi chiudere l'interruttore; chiudere anche l'interruttore del primo circuito ed osservare il comportamento del filo.

Annotare, come nell'esperimento 1, il verso della corrente nel conduttore, la direzione del campo magnetico fra i poli dell'elettrocalamita e la direzione di spostamento del filo.

Ripetere la prova, invertendo il verso della corrente nel filo e, successivamente, invertendo il verso della corrente che percorre la bobina.

Annotare ogni volta le osservazioni.

Conclusioni: un conduttore percorso da corrente elettrica ed immerso in un campo magnetico si muove ortogonalmente alla direzione della corrente ed alla direzione del campo; il fenomeno si verifica sia con campi magnetici prodotti da calamite sia con campi magnetici generati da altri conduttori percorsi da corrente (come la bobina).

La forza che fa muovere il conduttore è detta **forza di Lorentz**.

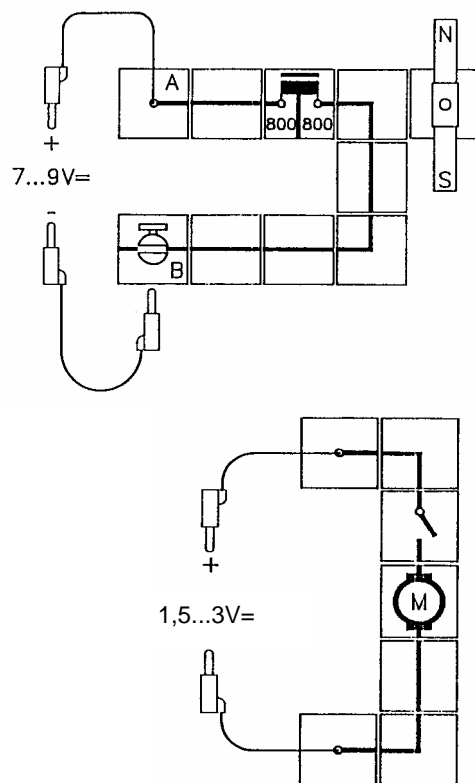
La direzione dello spostamento del conduttore può essere determinata mediante la **regola delle tre dita**. Tenere il pollice, l'indice ed il medio della mano destra in modo che essi siano perpendicolari l'uno all'altro; disponendo il pollice parallelo al conduttore e nel verso della corrente (la direzione convenzionale è da + a -) e l'indice nella direzione o nel verso del campo magnetico, la direzione ed il verso dello spostamento del conduttore vengono individuati dal dito medio.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL MOTORE ELETTRICO

E 10.2.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	4
11E1	Interruttore	1
15E1	Piastrella con boccia	2
31E2	Piastrella per bobina a 800 spire	1
42E2	Motorino in piastrella	1
16E1	Supporto con fenditura	1
1 E2	Spina con ago	1
3 E2	Manicotto portamagneti	1
4 E2	Magnete cilindrico	2
5 E2	Supporto rotante	1
11E2	Sonda magnetica	1
32E2	Bobina 2 x 800 spire	1
41E2	Nucleo cilindrico di ferro	1
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	2



Il funzionamento del motore elettrico si basa sull'azione reciproca fra due campi magnetici, uno dei quali generato dalla corrente elettrica.

Questo esperimento ha lo scopo di studiare quali condizioni devono essere prodotte per ottenere un moto rotatorio continuo.

Montaggio: realizzare il circuito schematizzato nell'illustrazione.

Inserire il nucleo cilindrico massiccio di ferro nella bobina; disporre a destra del circuito il supporto per l'ago magnetico con spina e punta, sulla quale deve essere montato il manicotto porta-magneti con le due calamite inserite. Il polo positivo dell'uscita c.c. dell'alimentatore va collegato alla

piastrella **A**, il polo negativo non ha collegamento fisso, ma deve essere portato a contatto con la colonnina della piastrella **B**, mediante un cavetto con banane.

La posizione iniziale del magnete rotante deve sempre essere quella indicata in figura.

Questo montaggio viene impiegato nelle prime due prove; nella terza verrà usato il semplice circuito, comprendente il motorino elettrico in piastrella, schematizzato nella figura in basso.

Esperimento 1: regolare la tensione di alimentazione a 8 V = poi chiudere il circuito in **B**: il polo Nord del magnete rotante viene attratto dal nucleo di ferro della bobina (elettrocalamita). Interrompere nuovamente il collegamento in **B**.

Esperimento 2: riportare la calamita nella posizione iniziale poi ristabilire il collegamento con **B** per un lasso di tempo tale che il polo Nord della calamita, nuovamente attratto dall'elettromagnete, arrivi in prossimità del nucleo di ferro; a questo punto aprire il circuito in **B**: la calamita per inerzia continua la propria rotazione.

Quando il polo Nord sta superando la posizione iniziale (non prima!), chiudere di nuovo il circuito: la bobina attirerà ancora il magnete, iniziando un altro giro. Aprire il contatto in **B** e poi richiuderlo, seguendo il ritmo delle rotazioni.

Esperimento 3: saggiare lo spazio attorno al motorino con la sonda magnetica (magnaprobe) per scoprire se all'interno è contenuto un magnete permanente; far ruotare molto lentamente l'albero del motorino per vedere se il magnete permanente ruota (come negli esperimenti 1 e 2) o se è fisso ed è l'elettrocalamita a ruotare. Attaccare un pezzo di nastro adesivo all'asse motore per facilitare l'osservazione del moto poi regolare la tensione di alimentazione a 1,5 V = (max. 3 V) e chiudere l'interruttore; invertire le polarità della tensione e ripetere la prova.

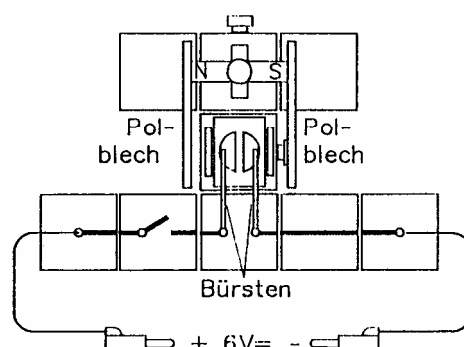
Conclusioni: gli esperimenti 1 e 2 provano che la corrente elettrica può provocare la rotazione di una calamita rettilinea. La rotazione può essere continua se gli impulsi di corrente sono in sincronismo con il movimento della calamita: ciò ovviamente, non è realizzabile nella tecnica, per cui nei motorini elettrici (di piccola potenza) il magnete permanente è fisso ed è l'elettrocalamita, alimentata mediante contatti striscianti a ruotare; il verso della rotazione dipende dalla direzione della corrente continua, che percorre l'elettrocalamita.

IL MOTORE IN CORRENTE CONTINUA

E 10.3.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine per detta	
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	1
11E1	Interruttore	1
15E1	Piastrina con boccola	2
19E1	Conduttore interrotto con due boccole	1
1 E2	Spina con ago	1
3 E2	Manicotto portamagneti	1
4 E2	Magnete cilindrico	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro laminato, diritto	1
33E2	Bobina a 800 spire	1
35E2	Spinotto di appoggio	1
37E2	Commutatore su spine	1
38E2	Espansioni polari	2
39E2	Contatti striscianti	2
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	2



L'esperimento E 10.2. ha dimostrato che, per far girare il rotore di un motore elettrico, occorre che il circuito di alimentazione di questo venga interrotto in sincronismo con la rotazione; nella tecnica ciò è ottenuto mediante un particolare dispositivo, detto commutatore rotante, sul quale premono i contatti striscianti collegati alla sorgente di corrente continua.

Scopo del presente esperimento è studiare il funzionamento di questi dispositivi.

Montaggio: seguire con attenzione le istruzioni qui riportate, attuando le varie operazioni nella giusta sequenza. Iniziare dalla piastrina centrale che sorreggerà l'elettrocalamita rotante (**rotore**): questa è una piastrina con boccola, nella quale va inserito l'apposito spinotto di appoggio, che fungerà da asse di rotazione del rotore. Il rotore è costituito dalla bobina bleu da 800 spire, nella quale va inserito il nucleo di ferro laminato diritto in modo che i forellini centrali di entrambi coincidano per consentire il passaggio dell'asse di rotazione. Innestare i due pernetti della bobina rivolti verso l'alto nelle due boccoline del commutatore (disco con semi-cerchi metallici).

Attenzione: la piastrina di supporto va montata sulla piastra di base con la vite di pressione a destra (vedere l'illustrazione) per consentire l'inserimento della seconda piastrina con boccola (la piastrina posteriore) destinata a sorreggere lo statore; a destra ed a sinistra di questa vanno innestate due piastrine qualsiasi che serviranno di appoggio alle espansioni polari (Polblech).

Infilare nella boccola della seconda piastrina il manicotto portamagneti, nella cui apertura dovrà essere montato, esattamente al centro, una calamita cilindrica; le due espansioni polari di ferro aderiscono magneticamente ai due poli di quest'ultima e, se il montaggio è stato fatto con cura, la bobina rotante potrà girare liberamente senza toccarle.

Davanti al rotore va inserita la piastrina "conduttore interrotto" nelle cui boccole devono essere innestati i porta-spazzole con le spazzole (contatti striscianti); le spazzole devono avere un buon contatto con il commutatore senza, tuttavia, premere su di esso: la loro posizione è determinante per la buona riuscita dell'esperimento.

Alle spazzole fanno capo i due rami del circuito, uno dei quali comprende l'interruttore, che dovranno essere collegati all'alimentatore, regolato su 3 V =.

Esperimento: ruotare la bobina in modo che il suo asse longitudinale sia parallelo alle espansioni polari: le spazzole saranno così al centro dei due settori metallici del commutatore. Questa è la corretta posizione di avvio del motore.

Chiudere l'interruttore: il motore inizia a girare e la sua velocità aumenta fino al valore determinato dalla tensione di alimentazione. Aprire l'interruttore, invertire la polarità della corrente e ripetere l'esperimento.

Provare se il motore funziona anche con la corrente alternata (3 V c.a.).

Conclusioni: in un motore di questo tipo l'elettrocalamita rotante (**rotore**) gira nel campo magnetico costante prodotto dal magnete fisso (**statore**), perché la corrente che percorre la bobina (e quindi anche il campo magnetico che essa produce) cambia polarità ad ogni mezzo giro. Invertendo la polarità della tensione di alimentazione, si cambia il verso di rotazione del rotore.

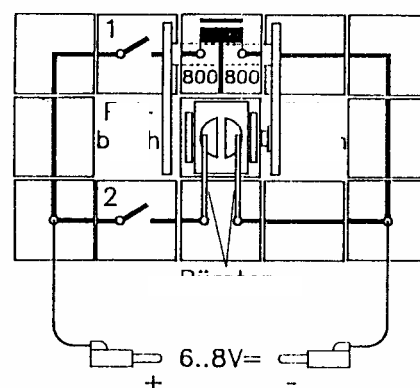
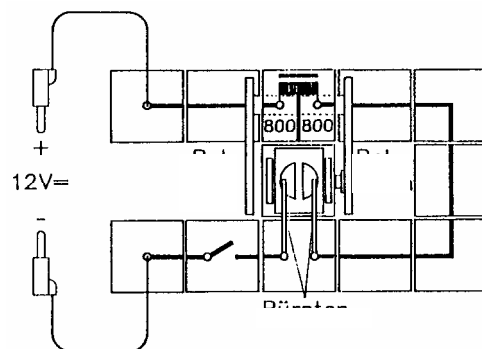
Per le ragioni suddette il motore con magnete permanente non può funzionare con la corrente alternata: esso perciò è un motore in corrente continua.

IL MOTORE ELETTRICO UNIVERSALE

E 10.4.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine per detta	
3E1	Conduttore ad angolo	2
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	5
11E1 + 24E2	Interruttore	2
15E1	Piastrina con boccola	1
19E1	Conduttore interrotto con due boccole	1
31E2	Piastrina per bobina 2 x 800 spire	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro laminato, diritto	1
30E2	Dispositivo di chiusura	1
32E2	Bobina rossa, 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 800 spire	1
35E2	Spinotti di appoggio	2
37E2	Commutatore su spine	1
38E2	Espansioni polari	2
39E2	Contatti striscianti	2
41E2	Nucleo di ferro cilindrico	1
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	2



Il tipo di motore esaminato nell'esperimento E 10.3., cioè il motore con magnete permanente, viene prodotto solo per piccole potenze; nei motori di potenza superiori a 20 W si preferisce usare, anche per lo statore, un'elettrocalamita, in quanto questa è più vantaggiosa.

Scopo del presente esperimento è studiare quali vantaggi garantisce l'elettrocalamita nel generare il campo magnetico con il quale deve interagire il campo magnetico prodotto dal rotore.

Montaggio: la predisposizione generale è identica a quella descritta nell'esperimento E 10.3.; le varianti, ovviamente, riguardano lo statore ed il suo circuito di alimentazione. Allo scopo la piastrina con boccola e portamagnete va sostituita con la piastrina porta-bobina, munita della bobina rossa 2 x 800 spire, nella cui cavità va inserito il nucleo di ferro massiccio. Ai lati di questa dovranno essere montate le due piastrelle con conduttore diritto per costituire il circuito di alimentazione della bobina: esse serviranno anche di appoggio per le espansioni polari di ferro, che verranno mantenute contro il nucleo dall'apposito dispositivo di chiusura.

Dal punto di vista circuitale la bobina dello statore può essere collegata in serie alla bobina del rotore (vedere l'illustrazione 1 in alto) oppure in parallelo (vedere l'illustrazione 2 in basso).

Esperimento 1: motore con eccitazione in serie – Inserire le piastrelle mancanti onde realizzare il circuito della figura 1 in alto ed collegarlo all'alimentatore predisposto su 12 V c.c. Ruotare come al solito la bobina per portarne l'asse longitudinale parallelo alle espansioni polari, poi chiudere l'interruttore: il motore entra immediatamente in funzione.

Osservare la velocità di rotazione ed il verso della stessa.

Invertire il collegamento all'alimentatore: cosa si verifica?

Collegare il motore all'uscita c.a. dell'alimentatore (sempre 12 V) e notare che esso funziona senza alcuna differenza.

Esperimento 2: motore con eccitazione in parallelo – Modificare il circuito secondo la figura 2 in basso e collegarlo all'alimentatore predisposto su 6...8 V c.c. .Chiudere l'interruttore 1 per produrre il campo magnetico eccitatore, quindi l'interruttore 2: subito il motore si avvia. Osservare la velocità di rotazione ed il verso della stessa. Invertire il collegamento all'alimentatore: cosa si verifica? Collegare il motore all'uscita c.a. dell'alimentatore (ancora su 6...8V) ed osservare che esso funziona come prima.

Conclusioni: il motore elettrico con elettrocalamita eccitatrice può funzionare tanto in corrente continua che in corrente alternata e ciò sta che lo statore ed il rotore siano collegati in serie od in parallelo.

Il verso della sua rotazione non può essere cambiato, invertendo la polarità della tensione, in quanto ciò determina il contemporaneo cambio della direzione della corrente sia nella bobina di campo che nella bobina rotante.

Perché un motore elettrico universale ruoti alla stessa velocità (e fornisca la stessa potenza) tanto con l'eccitazione in serie che con l'eccitazione in parallelo, occorre che la tensione di alimentazione nel primo caso sia doppia di quella al secondo caso; nel primo caso, ovviamente, l'intensità di corrente sarà la metà di quella assorbita nel secondo caso.

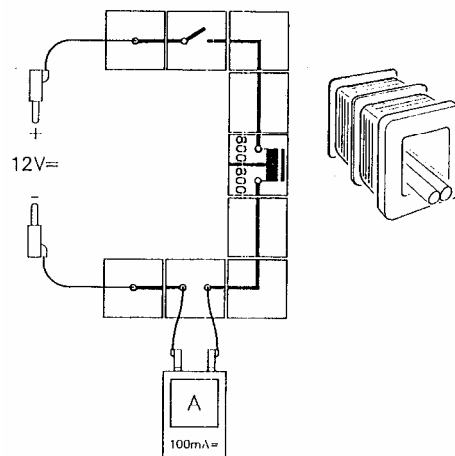
Restano perciò chiarite le ragioni, per le quali nella tecnica si preferisce produrre motori con elettromagnete eccitatore.

LO STRUMENTO DI MISURA A FERRO MOBILE

E 10.5.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine per detta	
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	2
11E1	Interruttore	1
19E1	Conduttore interrotto con due boccole	1
31E2	Piastrina per bobina 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina rossa, 2 x 800 spire	1
35E2	Spinotti di appoggio	2
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	2
	Amperometro	



Quando in una bobina percorsa da corrente continua si inserisce una sbarretta di ferro, questa si magnetizza; cosa succede, se le sbarrette sono due? Si attraggono o si respingono?

Scopo del presente esperimento è studiare questa interazione, sulla quale si basa il funzionamento degli strumenti a ferro mobile per misure elettriche.

Montaggio: realizzare il circuito schematizzato nell'illustrazione, poi inserire nella bobina rossa 2x800 spire i due spinotti di ferro; l'amperometro che serve di controllo dell'intensità di corrente che percorre la bobina, deve avere fondo scala 100 mA=. Inclinare la piastra di base per far sì che le due astine siano l'una contro l'altra.

Esperimento 1: collegare il circuito all'uscita c.c. dell'alimentatore predisposto su 12 V= e chiudere l'interruttore: le due astine si muovono immediatamente in direzione opposta, mostrando che fra loro si sviluppa una forza repulsiva. La spiegazione è semplice: nel campo magnetico

generato dalla bobina percorsa da corrente elettrica le due astine si magnetizzano allo stesso modo: i poli di ugual segno sono l'uno accanto all'altro e pertanto si respingono.

Misurare ed annotare il valore dell'intensità di corrente **I** - e la distanza fra le astine.

Ridurre la tensione a 6 V; le due astine si respingono come prima?

Misurare ed annotare l'intensità di corrente **I** e la distanza fra le astine.

Esperimento 2: l'effetto di repulsione si verificherà anche con la corrente alternata?

Collegare il circuito all'uscita c.a. dell'alimentatore predisposto su 12 V c.a.; e cambiare il fondo scala dell'amperometro su 100 mA c.a. .

Chiudere l'interruttore ed osservare il comportamento delle astine di ferro: esse si respingono nello stesso modo e con la stessa forza come nella prova precedente. Misurare ed annotare il valore dell'intensità di corrente **I c.a.** e la distanza fra le astine.

Ridurre la tensione a 6 V c.a., poi misurare ed annotare il nuovo valore di **I c.a.** e la nuova distanza fra le astine.

Confrontare i valori ricavati in questo esperimento con quelli dell'esperimento precedente.

Conclusioni: poiché la corrente elettrica che percorre una bobina genera un campo magnetico, le due astine affiancate all'interno della bobina stessa si magnetizzano in modo uguale e, pertanto, si respingono: il fenomeno si manifesta anche con la corrente alternata in quanto ad ogni inversione di segno della corrente corrisponde il cambio di verso del campo magnetico generato ed anche l'inversione dei poli magnetici di entrambe le astine.

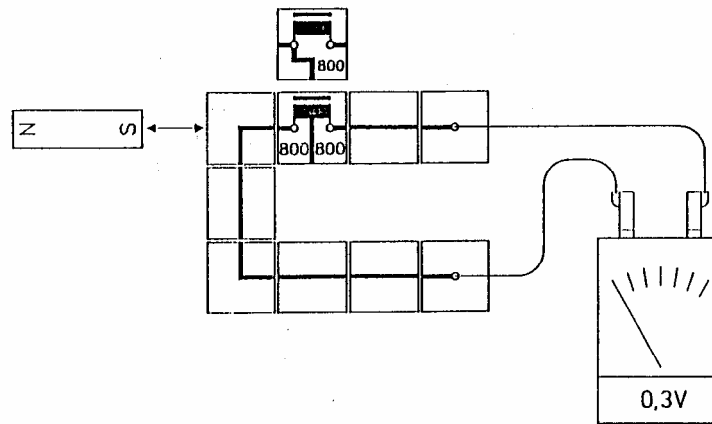
L'intensità della forza di repulsione dipende dall'intensità di corrente e non dal fatto che essa sia continua od alternata, per cui un dispositivo di questo tipo può servire per misurare intensità di corrente ignote dopo l'opportuna taratura. Su questo principio fisico funzionano gli strumenti di misura a ferro mobile.

INDUZIONE PRODOTTA DA UNA CALAMITA

E 11.1.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine per detta	
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	4
31E2	Piastrella per bobina da 2 x 800 spire	1
34E2	Piastrella per bobina da 800 spire	1
4 E2	Magnete cilindrico	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 2 x 800 spire	1
	Voltmetro	
	Fili di collegamento	2



Quando un circuito senza alcun generatore è immerso in un campo magnetico variabile, nel circuito si genera una forza indotta e quindi, se il circuito è chiuso, una corrente indotta, il cui valore dipende dalla resistenza del circuito stesso.

Scopo dell'esperimento è studiare il fenomeno dell'induzione elettromagnetica per stabilire da quali grandezze dipenda la f.e.m. indotta.

Montaggio: predisporre il circuito secondo l'illustrazione: le due bobine ed il voltmetro (fondo scala 0,3 V=) sono collegati in serie di modo che la resistenza del circuito resti costante durante le varie prove, consentendo il confronto delle f.e.m. indotte.

Esperimento 1: il voltmetro non indica alcuna tensione. Inserire lentamente un polo della calamita cilindrica nell'apertura della bobina 2 x 800 spire: l'indice dello strumento si muove in una certa direzione e ritorna a zero, quando la calamita si ferma; estrarre lentamente la calamita ed osservare che l'indice si muove in direzione opposta. Cambiare il polo della calamita, ripetere la prova ed osservare come si muove l'indice dello strumento.

Muovere avanti ed indietro la calamita nella bobina: ad ogni movimento si genera nella bobina una f.e.m. indotta, che l'indice puntualmente segnala.

Esperimento 2: muovere velocemente la calamita ancora nella bobina 2 x 800 spire e, dopo una breve pausa altrettanto velocemente estrarla: il valore della f.e.m. indotta, rilevata in questo caso dal voltmetro, è più elevato di quello riscontrato nell'esperimento precedente.

Esperimento 3: muovere la calamita nella bobina da 800 spire con la stessa velocità usata nell'esperimento 2: la f.e.m. indotta è inferiore (circa la metà) del valore osservato nel già citato esperimento.

Conclusioni: se varia il campo magnetico in una bobina questa diventa sede di una f.e.m. indotta. Il valore della f.e.m. indotta dipende dalla velocità, con la quale varia il flusso magnetico:

$$\text{f.e.m.} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (\text{legge di Faraday - Neumann})$$

Se il flusso magnetico varia lentamente, la tensione indotta ai capi della bobina è inferiore a quanto si riscontra con variazioni rapide di ϕ .

la f.e.m. dipende anche dal numero di spire della bobina ed aumenta, a parità di condizioni, con l'aumentare di queste.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine per detta	
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	4
7E1	Conduttore diritto	1
31E2	Piastrella per bobina da 2 x 800 spire	1
34E2	Piastrella per bobina da 800 spire	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di chiusura per detti	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 2 x 800 spire	1
	Alimentatore	
	Voltmetro	
	Fili di collegamento	4

Si è visto che il fenomeno dell'induzione elettromagnetica si verifica soltanto se il campo magnetico, nel quale il circuito è immerso, varia. Ciò può essere prodotto dal movimento di un magnete permanente, ma anche dal movimento di un'elettrocalamita alimentata in corrente continua oppure dall'apertura e dalla chiusura del circuito che l'alimenta.

Montaggio: predisporre il circuito secondo l'illustrazione: la bobina 2 x 800 spire è collegata all'alimentatore regolato su 5 V in corrente continua: la bobina bleu da 800 spire, affiancata alla precedente è allacciata al voltmetro con fondo scala 0,3 V=. Le bobine sono in aria, cioè nel loro interno non è inserito alcun nucleo.

Esperimento 1: chiudere ed aprire più volte l'interruttore, osservando lo strumento: si noterà che ad ogni apertura o chiusura il voltmetro indica, per un istante, la presenza di una f.e.m. indotta.

Esperimento 2: inserire il nucleo ad U nell'apertura delle due bobine in modo da collegarle magneticamente. Aprire e chiudere nuovamente l'interruttore ed osservare che la f.e.m. indotta segnalata dal voltmetro è notevolmente più elevata di quella osservata nell'esperimento 1.

Esperimento 3: chiudere il nucleo ad U con il nucleo diritto e bloccarli l'uno contro l'altro mediante l'apposito dispositivo di chiusura: in tal modo le linee di forza del campo magnetico percorrono un solo mezzo (il ferro) ed il circuito magnetico risulta chiuso.

Commutare il fondo scala del voltmetro su 10 V= poi aprire e chiudere ancora l'interruttore: la f.e.m. indotta risulta ulteriormente incrementata.

Lasciando l'interruttore chiuso, togliere il dispositivo di chiusura e staccare il nucleo diritto. Mentre si esegue quest'ultima operazione, controllare il voltmetro: si noterà che nell'istante del distacco viene prodotta una f.e.m. indotta a causa della repentina variazione del flusso magnetico.

Conclusioni: quando la corrente continua percorre una bobina si genera un campo magnetico costante, per cui, non essendovi variazioni di flusso, né movimento dei circuiti, nella bobina immersa nel campo magnetico non si ha alcuna f.e.m. indotta.

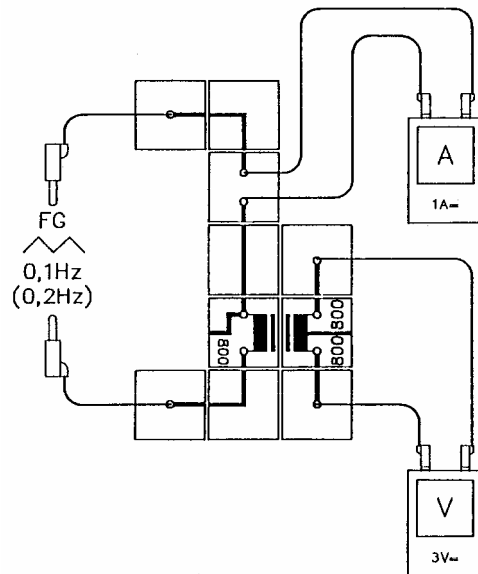
Una f.e.m. indotta si manifesta nella seconda bobina, allorché si apre e si chiude il circuito della prima bobina oppure quando si varia la continuità del circuito magnetico.

LA FORZA ELETTRICITÀ INDOTTA

E 11.3.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine per detta	
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	4
7E1	Conduttore diritto	1
19E1	Conduttore interrotto con due boccole	1
31E2	Piastrina per bobina da 2 x 800 spire	1
34E2	Piastrina per bobina da 800 spire	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di chiusura per detti	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 2 x 800 spire	1
	Alimentatore	
	Generatore di funzioni	
	Voltmetro - Amperometro	
	Fili di collegamento	6



Si è visto che ad ogni variazione del flusso magnetico che attraversa una bobina una tensione indotta si manifesta ai capi di questa.

Con il presente esperimento si vuole studiare il rapporto tra la velocità di variazione del campo magnetico induttore ed il valore della forza elettromotrice indotta.

Montaggio: predisporre il circuito seguendo l'illustrazione: la bobina bleu da 800 spire (bobina che genera il campo magnetico induttore) va collegata all'uscita del generatore di funzioni, alimentato in corrente alternata a 12 V, interponendo l'amperometro con fondo scala 1 A= per controllare l'intensità di corrente fornita dal generatore.

Collegare alla bobina rossa da 2x800 spire il voltmetro (fondo scala 3 V=) destinato a misurare il valore della f.e.m. indotta. Unire le due bobine con il nucleo ad U e chiudere il circuito magnetico con il nucleo rettilineo bloccato dall'apposito dispositivo di serraggio a staffa.

Selezionare sul generatore di funzioni la tensione triangolare (scatto centrale) e la frequenza 0,1 Hz, poi portare la manopola di regolazione fine della frequenza su 1 e ruotare a sinistra, fino a fondo corsa, la manopola di regolazione del livello di uscita (0...4 V). Accendere l'alimentatore: la spia verde indicherà che il generatore è in funzione.

Esperimento: nelle condizioni indicate il voltmetro non rileva alcuna f.e.m. indotta. Regolare il livello di uscita del generatore (ruotando verso destra la manopola) fino a che l'amperometro segni 0,6 A e ricordarci di mantenere invariato questo valore in tutte le prove successive: ora il voltmetro rileva ai capi della bobina 2x800 spire una tensione indotta.

Aumentare a 0,2 Hz (manopola di regolazione fine su 2) : le f.e.m. indotta aumenta anch'essa. Continuare ad aumentare la frequenza fino a 1 Hz (manopola di regolazione fine su 10) ed osservare come aumenta la f.e.m. indotta.

Conclusioni: se il campo magnetico che attraversa una bobina varia rapidamente, la f.e.m. indotta misurabile ai capi della stessa ha un valore via via crescente: essa è, perciò, proporzionale alla velocità di variazione del flusso magnetico (legge di Faraday Neumann).

Mentre l'intensità di corrente che percorre la bobina induttrice (circuito primario) aumenta e diminuisce con regolarità, in virtù della tensione triangolare che la determina, il valore della f.e.m. indotta rilevata ai capi della seconda bobina (circuito secondario) resta pressoché invariato, ma cambia periodicamente di segno.

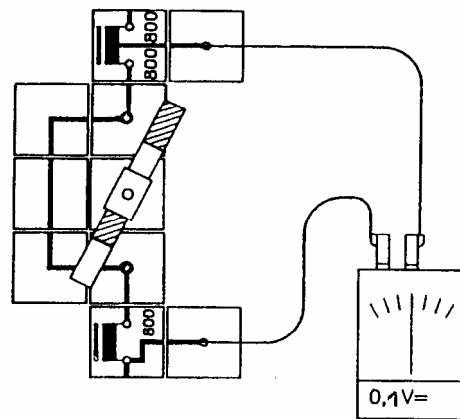
Una tensione triangolare applicata al primario genera nel secondario una tensione indotta ad onda quadra.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL GENERATORE

E 11.4.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine per detta	
3E1	Conduttore ad angolo	3
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	1
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	1
8E1	Conduttore diritto con boccola	1
19E1	Conduttore interrotto	1
31E2	Piastrina per bobina da 2 x 800 spire	1
34E2	Piastrina per bobina da 800 spire	1
1 E2	Spina con ago	1
2 E2	Manicotto portamagnete	1
4 E2	Magnete cilindrico	2
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 2 x 800 spire	1
35E2	Spinotto di appoggio	1
41E2	Nucleo di ferro cilindrico	1



Voltmetro	
Fili di collegamento	2

La tensione prelevabile dalle prese di rete degli impianti domestici è prodotta dai generatori. Scopo del presente esperimento è studiarne il principio di funzionamento.

Montaggio: l'esperimento comprende due prove: nella prima viene impiegata la sola bobina da 800 spire con il nucleo di ferro massiccio cilindrico (pertanto la bobina da 2x800 spire non va montata, ma in sua vece deve essere inserita la piastrina con conduttore ad angolo); nella seconda viene utilizzata anche la bobina 2x800 spire, collegando solo metà avvolgimento (800 spire) ed inserendo nella sua cavità il nucleo di ferro diritto, fissato con l'apposito spinotto.

Le due calamite cilindriche vanno montate nel supporto girevole costituito dalla piastrina conduttore diritto con boccola, dall'ago con spina e dal manicotto portamagneti.

Il voltmetro con fondo scala 100 mV= serve per rilevare la f.e.m. indotta.

Esperimento 1: porre in rotazione le calamite permanenti. Quando il polo Nord e, successivamente, il polo Sud passano di fronte alla bobina da 800 spire l'indice del voltmetro si muove prima in una direzione e poi nella direzione opposta, indicando che la f.e.m. indotta cambia segno ad ogni passaggio.

Esperimento 2: seguendo le indicazioni sopra riportate, inserire la seconda bobina in serie alla prima. Porre in lenta rotazione le calamite ed osservare lo strumento di misura (fondo scala 100 mV=): l'ampiezza della deviazione dell'indice è maggiore della precedente. Commutare il fondo scala del voltmetro su 1 mV c.a. poi far ruotare le calamite prima lentamente e, quindi, il più velocemente possibile.

Conclusioni: se una calamita permanente ruota di fronte ad una bobina, ai capi di questa si produce una f.e.m. indotta.

Se una calamita ruota fra due bobine allineate e collegate in serie la f.e.m. indotta aumenta di valore.

La f.e.m. indotta aumenta, inoltre, con l'aumentare della velocità di rotazione della calamita.

Su questo principio si basa il funzionamento dei generatori di corrente, i due tipi fondamentali dei quali saranno esaminati negli esperimenti E 11.5. ed E 11.6.

L'ALTERNATORE

E 11.5.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine per detta	
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	1
8E1	Conduttore diritto con boccola	2
11E1	Interruttore	1
15E1	Piastrella con boccola	2
19E1	Conduttore interrotto	1
32E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
4 E2	Magnete cilindrico	1
5 E2	Supporto rotante	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di chiusura	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 2 x 800 spire	1
35E2	Spinotto di appoggio	1
36E2	Collettore ad anelli	1
38E2	Espansioni polari	2
39E2	Contatti striscianti	2
41E2	Nucleo di ferro cilindrico	1
	Alimentatore - Voltmetro	
	Fili di collegamento	2

Scopo dell'esperimento è realizzare un modello di alternatore, con il quale poter studiare il principio pratico di funzionamento, esaminarne le parti costituenti e definire la nomenclatura tecnica.

Montaggio: per realizzare la disposizione sperimentale rappresentata nella figura seguire attentamente le istruzioni qui riportate, attuando le varie operazioni nella giusta sequenza.

Iniziare dalla piastrina centrale con boccola, nella quale va inserito lo spinotto che serve da asse di rotazione del rotore (elettrocalamita); questo è costituito dalla bobina bleu da 800 spire, nella quale va inserito il nucleo di ferro laminato diritto in modo che i forellini centrali di entrambi coincidano per consentire il fissaggio dell'asse di rotazione. Innestare i due pernetti della bobina rivolti verso l'alto nelle due boccoline del collettore (disco con anelli concentrici di metallo). La piastrina di supporto deve essere montata sulla piastra di base con la vite di pressione a destra per consentire l'inserimento della seconda piastrina con boccola destinata a sorreggere lo statore costituito dal supporto rotante per magnete con inserito, esattamente al centro la calamita cilindrica e dalle due espansioni polari di ferro; ai lati di quest'ultima piastrina vanno inserite due piastrine "conduttore diritto con boccola", che servono di appoggio alle espansioni polari.

Davanti al rotore va inserita la piastrina con conduttore interrotto, nelle cui boccole devono essere infilati i porta-spazzole con le spazzole (contatti striscianti).

Attenzione: le spazzole devono avere un buon contatto con gli anelli. Se il montaggio è stato fatto con cura il rotore deve girare liberamente. Collegare il voltmetro con fondo scala 100 mV= al circuito delle spazzole. Per gli esperimenti 2 e 3 (figura 2 in basso) la calamita ed il relativo supporto vanno sostituiti dalla piastrina porta-bobina con la bobina 2x800 spire rossa, munita del nucleo di ferro massiccio cilindrico; le due espansioni polari vanno fissate al nucleo mediante l'apposito dispositivo di serraggio.

Esperimento 1: far girare il rotore prima lentamente e poi con maggiore velocità, osservando il voltmetro: questo indica una f.e.m. indotta, il cui segno cambia ad ogni mezzo giro (tensione alternata).

Commutare il fondo scala dello strumento su 300 mV c.a. e far girare velocemente il rotore: l'indice dello strumento si muove verso destra, segnando il valore della tensione alternata prodotta.

Esperimento 2: sostituire lo statore munito di calamita con lo statore munito di elettrocalamita e collegare la bobina di questa all'alimentatore predisposto su 12 V=; riportare il voltmetro al fondo scala 100 mV=.

Far girare lentamente il rotore ed osservare il moto alterno dell'indice del voltmetro.

Cambiare il fondo scala su 300 mV c.a. e far girare velocemente il rotore: lo strumento indica il valore della tensione alternata prodotta.

Esperimento 3: scollegare l'alternatore dal voltmetro e dall'alimentatore poi collegare il circuito delle spazzole all'alimentatore regolato su 8 V= ed il circuito dello statore (bobina 2x800 spire) al voltmetro con f.s. 100 mV=.

Chiudere l'interruttore in modo da portare corrente continua alla bobina del rotore e far girare lentamente quest'ultima, osservando il moto alterno dell'indice del voltmetro.

Cambiare il fondo scala su 300 mV c.a. e far girare velocemente il rotore: lo strumento indica il valore della tensione prodotta.

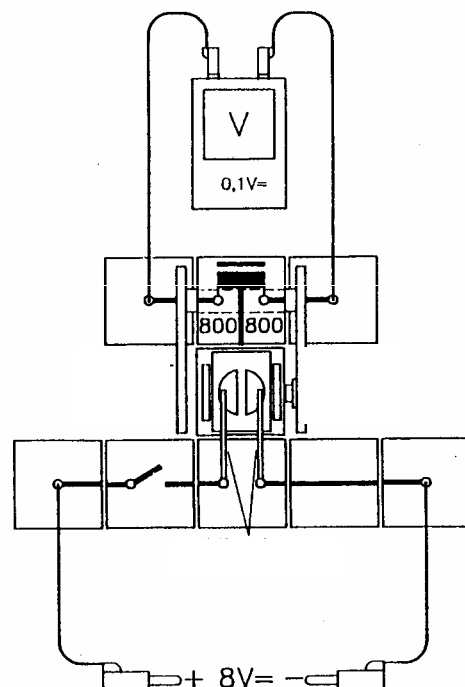
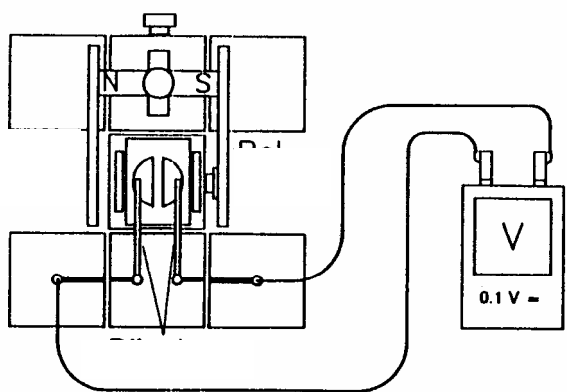
Conclusioni: in un generatore, nel quale lo statore comprenda un magnete permanente od una elettrocalamita alimentata in corrente continua, il rotore gira in un campo magnetico statico e costante: la f.e.m. indotta, che si manifesta ai capi della bobina rotante (anello concentrici del collettore) è alternata.

Questo **generatore** è detto a **poli esterni**.

Il **generatore** dell'esperimento 3 è detto a **poli interni**: esso è simile a quello descritto nell'esperimento E 11.4., ma ha un'elettrocalamita al posto della calamita rotante. La f.e.m. indotta, prelevata ai capi della bobina fissa, è alternata.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	4
7E1	Conduttore diritto	1
8E1	Conduttore diritto con boccola	2
11E1	Interruttore	1
15E1	Piastrina con boccola	2
19E1	Conduttore interrotto	1
32E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
4 E2	Magnete cilindrico	1
5 E2	Supporto rotante	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di chiusura	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 2 x 800 spire	1
35E2	Spinotto di appoggio	1
37E2	Commutatore a semicerchi	1
38E2	Espansioni polari	2
39E2	Contatti striscianti	2
41E2	Nucleo di ferro cilindrico	1
	Alimentatore	
	Voltmetro	
	Fili di collegamento	4



La dinamo è il generatore di corrente continua; costruttivamente essa deriva dall'alternatore. La differenza sta nel dispositivo di prelievo della f.e.m. indotta, il quale consta di un collettore a settori (nel modello dimostrativo vi sono due semicerchi), anziché con due anello concentrici, avente la funzione di invertire il collegamento con le spazzole ad ogni mezzo giro.

Analogamente all'alternatore il campo magnetico può essere generato da una calamita o da una elettrocalamita, ma la dinamo è sempre un generatore con poli esterni.

Montaggio: realizzare il circuito della figura 1 per il primo esperimento e poi attuare la variante della figura 2 per il secondo esperimento.

Per il montaggio eseguire alla lettera le istruzioni fornite nell'esperimento E 11.5., sostituendo il collettore ad anelli con quello a semicerchi metallici.

Esperimento 1: inizialmente far girare il rotore a bassa velocità e poi via via più veloce, controllando il voltmetro con fondo scala 100 mV=: esso indica una tensione sempre dello stesso segno.

Invertendo il collegamento allo strumento, il segno della tensione indotta si inverte.

Esperimento 2: sostituire lo statore con il magnete permanente con quello munito di elettrocalamita (piastrella porta-bobina con bobina da 2x800 spire rossa, munita di nucleo di ferro laminato diritto e di espansioni polari bloccate con l'apposito dispositivo di serraggio). Portare il fondo scala del voltmetro su 300 mV= ed alimentare la bobina dello statore con 12V=.

Far girare il rotore prima lentamente poi alla massima velocità possibile, dopo aver cambiato ancora il fondo scala su 3V=: nuovamente il voltmetro indica una tensione continua, il cui valore aumenta, aumentando la velocità del rotore.

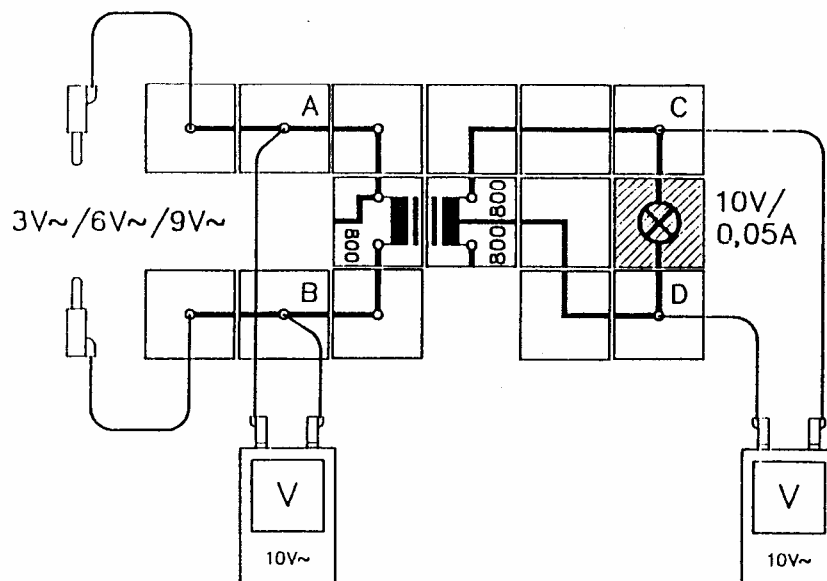
Conclusioni: la tensione alternata indotta nella bobina rotante dal moto del rotore nel campo magnetico generato dalla calamita viene convertita in tensione continua dal collettore a semicerchi, il quale provvede ad invertire il segno dell'alternata ad ogni mezzo giro: perciò il voltmetro indica una tensione sempre dello stesso segno.

La stessa cosa si verifica, quando lo statore comprende l'elettrocalamita.

Un generatore di corrente elettrica può quindi essere un alternatore od una dinamo a seconda del modo in cui la corrente viene prelevata.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
3E1	Conduttore ad angolo	2
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	4
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	1
8E1	Conduttore diritto con boccola	2
18E1	Portalampada E 10	1
31E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
34E2	Porta-bobina 800 spire	1
24E1	Lampadina 10V/0,05 A	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di serraggio	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 2 x 800 spire	1
	Alimentatore	
	Voltmetro	2
	Fili di collegamento	6



Quando si vuole separare due circuiti, ad esempio quello con il quale si lavora, dalla rete dell'impianto domestico, pur prelevando energia da quest'ultimo, si ricorre all'accoppiamento per induzione.

Le osservazioni effettuate nell'esperimento E 11.3. sono la premessa essenziale per comprendere il funzionamento di questo dispositivo.

Montaggio: predisporre i circuiti secondo l'illustrazione: il numero di spire della bobina appartenente al primario (a sinistra) e quello della bobina del circuito secondario è il medesimo

(800 spire ciascuna); le due bobine sono congiunte dal nucleo laminato ad U chiuso dal nucleo laminato diritto con l'apposito dispositivo di serraggio a staffa.

I voltmetri inseriti nei due circuiti hanno il fondo scala 10 V c.a.; l'utilizzatore (lampadina da 10V/0,05 A) è inserito soltanto nella seconda prova.

Esperimento 1: per tre diversi valori della tensione primaria V^1 misurata fra i punti **A** e **B**, rilevare fra i punti **C** e **D** i corrispondenti valori della tensione secondaria V^2 :

$$\begin{array}{ll} V^1 = 3 \text{ V c.a.} & V^2 = \dots \text{ V} \\ V^1 = 6 \text{ V c.a.} & V^2 = \dots \text{ V} \\ V^1 = 9 \text{ V c.a.} & V^2 = \dots \text{ V} \end{array}$$

Togliere il giogo di chiusura del nucleo ad U e ripetere le misurazioni di V^2 per gli stessi valori di V^1 e prenderne nota.

Esperimento 2: chiudere nuovamente il nucleo ad U con il proprio giogo, inserire nel circuito secondario la piastrella con portalampada e lampada da 10V/0,05 A ed alimentare il primario a 9 V c.a.: la tensione V^2 sempre misurata fra **C** e **D** è diminuita a ... V.

Conclusioni: usando lo stesso numero di spire per le due bobine che realizzano l'accoppiamento, mediante induzione, del circuito primario con il circuito secondario, il valore della tensione indotta nel secondario dalla corrente alternata che percorre il primario è all'incirca uguale al valore della tensione applicata al primario. La piccola differenza che si riscontra è dovuta al non perfetto circuito magnetico che unisce le due bobine; aprendo il nucleo le perdite sono ancora maggiori.

Quando il circuito secondario è soggetto ad un carico la tensione diminuisce.

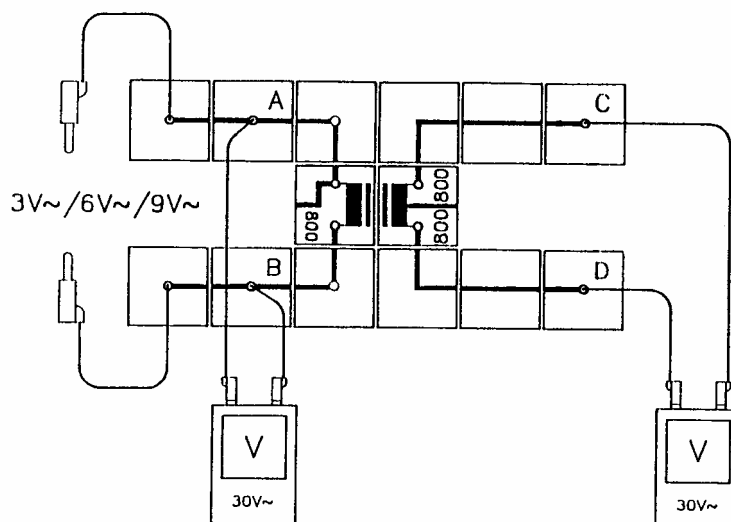
Questo dispositivo è detto, a seconda dei casi, **trasformatore separatore** oppure **trasformatore di accoppiamento**.

IL TRASFORMATORE

E 11.8.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
3E1	Conduttore ad angolo	2
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	4
7E1	Conduttore diritto	2
8E1	Conduttore diritto con boccola	2
31E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
34E2	Porta-bobina 800 spire	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di serraggio	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 800 spire	1
	Alimentatore	
	Voltmetro	2
	Fili di collegamento	4



Il trasformatore è un dispositivo elettrico, il cui funzionamento si basa sul fenomeno dell'induzione elettromagnetica. Esso è normalmente costituito da un nucleo di ferro laminato chiuso, sul quale sono avvolte una bobina primaria con N' spire ed una bobina secondaria con N'' spire. Quando nella bobina primaria circola una corrente alternata, questa genera un campo magnetico variabile, che produce una forza elettromotrice indotta permanente nella bobina secondaria. Scopo del presente esperimento è studiare la relazione che lega la tensione primaria alla tensione secondaria.

Montaggio: realizzare la disposizione sperimentale rappresentata nella figura.

La bobina primaria (da 800 spire) è collegata all'uscita c.a. dell'alimentatore: la tensione applicata alla bobina è misurata fra i punti **A** e **B**, dal voltmetro con fondo scala 10 V c.a.

La bobina secondaria (da 2x800 spire) è collegata nei punti **C** e **D** al secondo voltmetro con fondo scala 30 V c.a., il quale deve misurare la tensione indotta. Le due bobine sono congiunte dal nucleo ad U laminato chiuso dal giogo laminato diritto con l'apposito dispositivo di serraggio a staffa.

La tensione alternata applicata al primario, sarà regolata su diversi valori, ad esempio: 3 V c.a., 6 V c.a., 9 V c.a. .

Esperimento 1: misurare la tensione secondaria V^2 per i tre valori indicati della tensione primaria ed annotarne i corrispondenti valori:

$N' = 800$ spire	$V' = 3$ V c.a.	$N^2 = 1600$ spire	$V^2 = \dots$ V c.a.
	$V' = 6$ V c.a.		$V^2 = \dots$ V c.a.
	$V' = 9$ V c.a.		$V^2 = \dots$ V c.a.

Il rapporto fra il numero di spire N' del primario ed il numero di spire N^2 del secondario è 1 : 2; in che modo sono correlate le tensioni V' e V^2 ?

Esperimento 2: scambiare la bobina primaria con la secondaria e commutare il fondo scala del secondo voltmetro su 10 V c.a.

Con gli stessi valori precedenti della tensione primaria V' misurare i corrispondenti valori della tensione secondario V^2 ed annotarli:

$N' = 1600$ spire	$V' = 3$ V c.a.	$N^2 = 800$ spire	$V^2 = \dots$ V c.a.
	$V' = 6$ V c.a.		$V^2 = \dots$ V c.a.
	$V' = 9$ V c.a.		$V^2 = \dots$ V c.a.

Il rapporto fra il numero di spire del primario N' ed il numero di spire N^2 del secondario è ora 2:1; com'è il rapporto fra la tensione V' e V^2 ?

Conclusioni: se il numero di spire N' del primario è inferiore al numero di spire N^2 del secondario, la tensione indotta V^2 misurata ai capi di questo è maggiore della tensione V' applicata al primario: questo trasformatore è detto **elevatore** o **in salita**. Se, invece, il numero di spire N' del primario è maggiore del numero di spire N^2 del secondario, la tensione indotta nel secondario è minore della tensione applicata al primario: in questo caso si ha il **trasformatore riduttore** o **in discesa**.

Il rapporto fra le tensioni primaria e secondaria corrisponde al rapporto fra il numero di spire della bobina primaria e della bobina secondaria:

$$V' : V^2 = N' : N^2$$

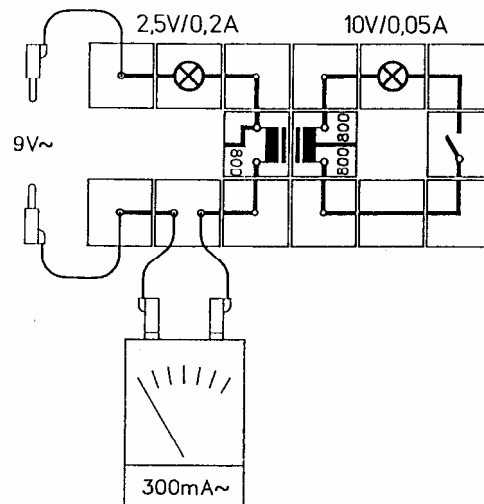
il rapporto fra le spire è detto **rapporto di trasformazione**.

TRASFORMATORE A VUOTO E SOTTO CARICO

E 11.9.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
3E1	Conduttore ad angolo	2
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	4
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	4
7E1	Conduttore diritto	1
11E1	Interruttore	1
18E1	Portalampada E 10	2
19E1	Conduttore interrotto	1
31E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
34E2	Porta-bobina 800 spire	1
23E1	Lampadina 2,5V/0,2 A	1
24E1	Lampadina 10V/0,05 A	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di serraggio	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 800 spire	1
	Alimentatore	
	Amperometro	
	Fili di collegamento	4



Se il circuito secondario di un trasformatore è aperto, non si ha circolazione di corrente e quindi il trasformatore non ha carichi, cioè è **a vuoto**. Se invece, al secondario è collegato un utilizzatore, nel secondario circola una corrente ed il trasformatore risulta **sotto carico**. Per quanto concerne il primario esistono differenze tra le due condizioni?

Scopo dell'esperimento è studiare cosa si verifica nel circuito primario, quando il trasformatore è **a vuoto** e **sotto carico**.

Montaggio: realizzare il circuito secondo l'illustrazione. Il trasformatore ha come primario la bobina da 800 spire e come secondario quella da 2x800 spire; le due bobine sono congiunte dal nucleo laminato ad U chiuso dal proprio giogo diritto tramite l'apposito dispositivo di serraggio a staffa.

Nel primario è inserita la lampadina da 2,5V; l'intensità di corrente, che circola nel primario, è misurata dall'amperometro con fondo scala 300 mA c.a. . Nel circuito secondario è inserito l'utilizzatore (una lampadina da 10V); l'interruttore serve per produrre le condizioni di circuito aperto e circuito chiuso.

Esperimento: chiudere l'interruttore e stabilire il collegamento fra il circuito primario e l'alimentatore predisposto su 9 V c.a.: entrambe le lampadine si accendono e l'amperometro indica il passaggio di corrente:

$$I' = \dots \text{ mA}$$

Finché il circuito secondario è chiuso, il trasformatore è sotto carico.

Aprire l'interruttore in modo da escludere il carico: la lampadina da 10 V ovviamente si spegne, ma si spegne anche quella da 2,5 V, sebbene il circuito primario, nel quale essa è inserita sia chiuso. Osservare l'amperometro e notare che esso indica pochi milliampere:

$$I' = \dots \text{ mA}$$

Ripetere la prova, chiudendo nuovamente l'interruttore e poi riaprirlo.

Conclusioni: se il circuito secondario di un trasformatore viene aperto, e quindi non circola più corrente, anche l'intensità di corrente nel primario si riduce al valore minimo detto **di fondo** o **di magnetizzazione**:

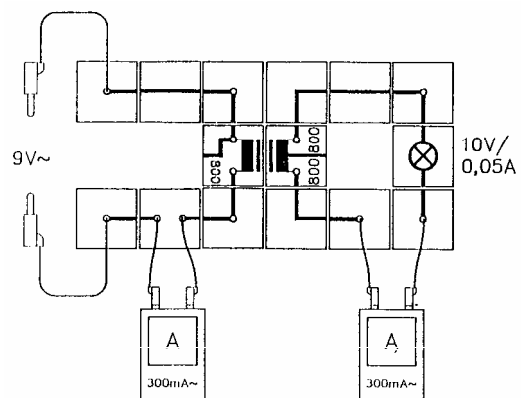
Attenzione: quando il primario di un trasformatore è collegato ad un generatore (ad esempio l'impianto domestico), ai capi del secondario, anche se il circuito di questo è aperto, è presente la tensione a vuoto, che può essere misurata con un voltmetro. Pertanto può essere pericoloso operare sul circuito secondario senza aver prima scollegato il primario dal generatore.

POTENZA DI UN TRASFORMATORE

E 11.10.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
3E1	Conduttore ad angolo	2
5E1	Conduttore ad angolo con boccia	3
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	4
7E1	Conduttore diritto	2
18E1	Portalamпада E 10	1
19E1	Conduttore interrotto	1
31E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
34E2	Porta-bobina 800 spire	1
24E1	Lampadina 10V/0,05 A	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di serraggio	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu, 800 spire	1
	Alimentatore	
	Amperometro	2
	Fili di collegamento	6



Se, con un appropriato rapporto di trasformazione, la tensione al secondario è maggiore della tensione applicata al primario, si ottiene un guadagno di energia? Sfortunatamente no, perché alla trasformazione della tensione corrisponde la trasformazione inversa dell'intensità di corrente. Infatti, per il principio di conservazione dell'energia, in ogni trasformatore la potenza della corrente nel secondario (potenza di uscita $W^2 = V^2 \times I^2$) non può mai superare la potenza della corrente del primario (potenza di ingresso $W^1 = V^1 \times I^1$), anzi è sempre inferiore, sia pure di poco, a cause delle inevitabili perdite di energia dovute alle imperfezioni costruttive del dispositivo.

Scopo dell'esperimento è studiare il rapporto fra le intensità di corrente al primario ed al secondario, in relazione al rapporto fra il numero delle spire, e ricavare il rendimento del trasformatore.

Montaggio: realizzare la disposizione sperimentale rappresentata in figura.

Il trasformatore, come al solito, comprende al primario la bobina da 800 spire ed al secondario quella da 2 x 800 spire; le due bobine sono congiunte dal nucleo ad U chiuso dal proprio giogo diritto con l'apposito dispositivo di serraggio a staffa. Come utilizzatore nel circuito secondario è

inserita la lampadina da 10V. Le intensità di corrente I^1 , che percorre il primario e, I^2 , nel secondario sono misurate dai due amperometri con fondo scala 300 mA c.a.

Esperimento: collegare il primario all'alimentatore predisposto su 9 V c.a. .
Misurare l'intensità di corrente I^1 e I^2 , e prenderne nota:

$$\begin{array}{ll} N^1 = 800 \text{ spire} & I^1 = \dots \text{ mA c.a.} \\ N^2 = 1600 \text{ spire} & I^2 = \dots \text{ mA c.a.} \end{array}$$

Misurare ed annotare i valori delle tensioni V^1 , applicata al primario, e V^2 ai capi del secondario, poi calcolare la potenza di ingresso W^1 e la potenza di uscita W^2 :

$$\begin{array}{ll} V^1 = \dots \text{ V c.a.} & W^1 = V^1 \times I^1 = \dots \text{ V} \times \dots \text{ A} = \dots \text{ W} \\ V^2 = \dots \text{ V c.a.} & W^2 = V^2 \times I^2 = \dots \text{ V} \times \dots \text{ A} = \dots \text{ W} \end{array}$$

Infine calcolare il rendimento del trasformatore:

$$\eta = \frac{W^2}{W^1}$$

Conclusioni: poiché il rapporto fra il numero di spire N^1 del primario ed il numero di spire N^2 del secondario è $1 : 2$ (nel caso esaminato), la tensione V^2 al secondario è circa il doppio della tensione V^1 del primario, mentre l'intensità di corrente I^2 del secondario è circa la metà dell'intensità di corrente I^1 nel primario, pertanto:

$$V^1 : V^2 = I^1 : I^2 \quad \text{ovvero} \quad N^1 : N^2 = I^2 : I^1$$

I prodotto $V^1 \times I^1$ e $V^2 \times I^2$, che definiscono rispettivamente la potenza di ingresso W^1 e la potenza di uscita W^2 sono pressapoco uguali (W^2 è leggermente inferiore a W^1), quindi il rendimento η del trasformatore usato è sufficientemente elevato.

Nella tecnica i trasformatori ben costruiti per ridurre le perdite, raggiungono rendimenti del 99 %.

Nota: se vi è tempo a disposizione è interessante ripetere l'esperimento sul trasformatore riduttore ottenendo scambiando le bobine (primario bobina da 2x800 spire e secondario bobina da 800 spire) e sostituendo la lampadina da 10 V con quella da 2,5V.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
3E1	Conduttore ad angolo	1
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	1
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	3
7E1	Conduttore diritto	1
11E1	Interruttore	1
31E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di serraggio	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
	Alimentatore	
	Voltmetro	
	Fili di collegamento	4

L'autotrasformatore è un dispositivo statico comprendente un nucleo di ferro laminato chiuso, nel quale è avvolta una sola bobina con uscite a diverso numero di spire: anch'esso funziona in base alla legge dell'induzione elettromagnetica e, pertanto, può essere elevatore o riduttore.

Scopo dell'esperimento è vedere se per l'autotrasformatore valgono le stesse considerazioni fatte a proposito del trasformatore. Sebbene il suo costo sia ovviamente inferiore a quello del trasformatore, il suo uso è limitato dalla poca sicurezza che esso garantisce in quanto si preleva tensione dallo stesso avvolgimento, al quale viene applicata la tensione da trasformare.

Montaggio: predisporre il circuito secondo l'illustrazione. L'autotrasformatore è costituito dalla bobina rossa 2x800 spire, nella quale è inserito il nucleo laminato ad U chiuso dal proprio giogo mediante l'apposito dispositivo di serraggio a staffa.

Il voltmetro con fondo scala 10 V c.a. va collegato fra i punti **A** e **B** per misurare la tensione V' applicata e, successivamente fra i punto **C** e **D** per misurare la tensione V^2 prelevabile.

Esperimento 1: collegare una sezione da 800 spire della bobina 2x800 spire all'alimentatore regolato su 4 V c.a.; misurare fra **A** e **B** il valore di questa tensione V' .

Spostare il collegamento del voltmetro ai punti **C** e **D** e misurare il valore della tensione V^2 :

$$\begin{aligned} N' &= 800 \text{ spire} \\ V' &= 4 \text{ V c.a.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= 1600 \text{ spire} \\ V^2 &= \dots \text{ V c.a.} \end{aligned}$$

Esperimento 2: collegare gli estremi della bobina ($N' = 1600$ spire) all'alimentatore regolato su 9 V c.a. ed usare come punto di prelievo l'uscita intermedia a 800 spire. Misurare la tensione V' applicata alla bobina (punti **A** e **B**) e la tensione prelevabile V^2 fra i punti **C** e **D**; annotarne i valori:

$$\begin{aligned} N' &= 1600 \text{ spire} \\ V' &= 4 \text{ V c.a.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= 800 \text{ spire} \\ V^2 &= \dots \text{ V c.a.} \end{aligned}$$

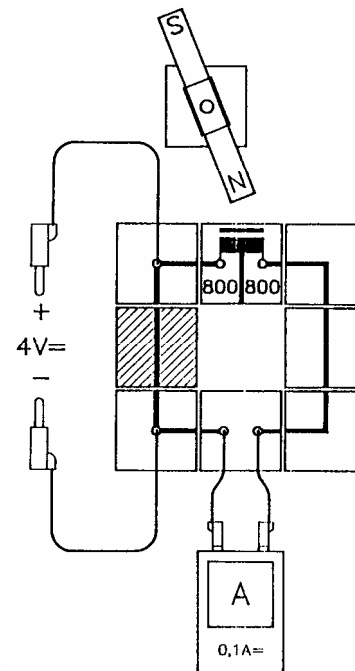
Conclusioni: con l'autotrasformatore è possibile ottenere in uscita una tensione più elevata ed una più bassa di quella applicata in ingresso, sfruttando il diverso numero di spire delle varie sezioni dell'avvolgimento.

LA LEGGE DI LENZ

E 11.12.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
3E1	Conduttore ad angolo	2
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	2
7E1	Conduttore diritto	2
20E2	Piastrella con boccola	1
31E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
3 E2	Manicotto porta-magneti	1
4 E2	Magnete cilindrico	2
8 E2	Bussola	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
35E2	Spinotto di appoggio	1
41E2	Nucleo di ferro massiccio cilindrico	1
	Alimentatore	
	Amperometro	
	Fili di collegamento	4



E' noto dai precedenti esperimenti che, se una calamita si muove in prossimità di una bobina, la variazione del campo magnetico, nel quale la bobina risulta immersa, determina nella bobina stessa una corrente indotta, in virtù della quale la bobina produce, a sua volta, un campo magnetico.

Scopo dell'esperimento è determinare la direzione di questo campo magnetico.

Montaggio: predisporre il circuito secondo lo schema dell'illustrazione.

La bobina da 2x800 spire è munita del nucleo di ferro cilindrico massiccio e la piastrina tratteggiata non è inserita (servirà nel secondo esperimento).

Sulla piastrina con boccola posta di fronte all'apertura sinistra della bobina, è appoggiata, nella prima prova, la bussola che, nel secondo esperimento deve essere sostituita con il magnete montato nel manicotto ed inserito mediante lo spinotto, nella boccola della piastra stessa.

Nel circuito, da collegare all'alimentatore predisposto su 4 V = , inserito l'amperometro con il fondo scala 100 mA=.

Esperimento 1: accendere l'alimentatore ed osservare il comportamento dell'ago magnetico della bussola: il polo Sud di questo si orienta verso l'apertura sinistra della bobina, il che significa che questa è sede di un polo Nord; l'indice dell'amperometro ha deviato verso destra.

Rammentare che nel circuito usato l'indice dell'amperometro devia verso destra, quando la bobina ha il polo Nord a sinistra.

Esperimento 2: staccare il circuito dall'alimentatore ed inserire la piastrina tratteggiata: in tal modo il circuito viene chiuso e l'amperometro può misurare la corrente indotta, che si genera nella bobina ad opera della calamita cilindrica. Montare la calamita nel supporto girevole ed appoggiarla al posto della bussola. Avvicinare il polo Nord della calamita all'apertura sinistra della bobina: l'indice dell'amperometro devia a destra; ciò significa che la corrente indotta ha verso tale da produrre il polo Nord nell'apertura sinistra della bobina in modo da respingere la calamita. Lasciare la calamita ferma fino a che l'indice dell'amperometro ritorna a zero, poi allontanarla dalla bobina. Ora l'indice dello strumento devia a sinistra, mostrando che la corrente indotta ha verso tale da generare il polo Sud nell'apertura sinistra della bobina al fine di attrarre la calamita. Ripetere l'esperimento, usando il polo Sud della calamita.

Conclusioni: il verso della corrente indotta è sempre tale che il campo magnetico da essa prodotto si opponga alla causa che determina la corrente stessa (**Legge di Lenz**). Per tale ragione, quando la calamita viene avvicinata alla bobina, la corrente indotta ha segno tale da respingerla ed ha segno opposto, per attrarla, quando questa viene allontanato (e ciò, indipendentemente dal polo del magnete usato).

FRENO AD INDUZIONE

E 11.13.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
2E1	Conduttore a T	2
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	1
11E1 + 24E1	Interruttore	2
20E2	Piastrella con boccola	1
42E2	Motorino in piastrella	1

Dal Modulo Stativi:

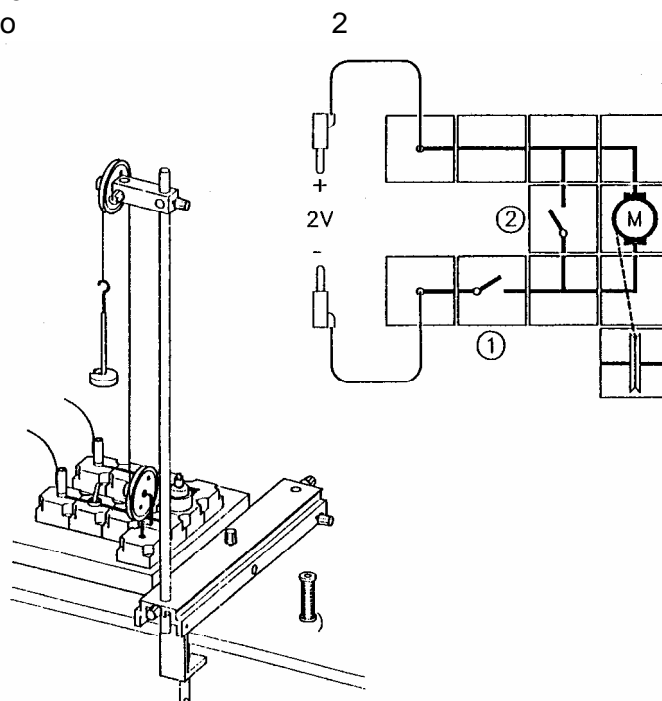
1 S	Base cm 30	1
5 S	Morsa da tavolo	1
6 S	Perno con astina	1
8 S	Rocchetto di filo	1
9 S	Forbici	1
12S	Morsetto doppio	1

Dal Modulo Meccanica 1:

7 M1	Piattello portapesi	1
9 M1	Massa g 10	1
25M1	Serie di carrucole	1
29M1	Asta cm 50	1

Alimentatore

Fili di collegamento



Quando il rotore di un motore elettrico con statore a magnete permanente viene fatto girare a spese di lavoro esterno, nell'avvolgimento del rotore si genera una forza elettromotrice indotta; se il circuito collegato al rotore viene chiuso, in esso fluisce una corrente indotta.

Scopo dell'esperimento è determinare la direzione di questa corrente.

Montaggio: realizzare il circuito indicato nello schema elettrico, poi, seguendo l'illustrazione sistemare la piastra di base a lato della morsa da tavolo, nel cui foro anteriore è stata inserita l'asta lunga cm 50; all'estremità superiore dell'asta fissare il morsetto doppio e, nel foro frontale di questo montare il perno con astina e la puleggia singola; la seconda puleggia va montata nella piastra di base, inserendo l'astina arcuata che la sorregge, nella boccola della piastrina disposta di fronte al motore.

Regolare la posizione della piastra in modo che le due puleggie siano allineate l'una sopra l'altra. Tagliare una funicella lunga circa m 1,5 , legarne un'estremità all'asse del motore e l'altra ad occhiello, onde potervi appendere il piattello portapesi con una massa ad intaglio da g 10, dopo aver fatto passare la funicella nella gola delle due pulegge. Il tratto di funicella con il piattello deve sporgere dal bordo del tavolo per poter sfruttare l'altezza di questo da terra.

Aprire gli interruttori **1** e **2** ed applicare al circuito una tensione continua di 2 V.

Esperimento: chiudere l'interruttore **1**: il motore entra in funzione e solleva il carico; quando il piattello sta per raggiungere la puleggia superiore, aprire l'interruttore **1** e sorreggere il carico con una mano.

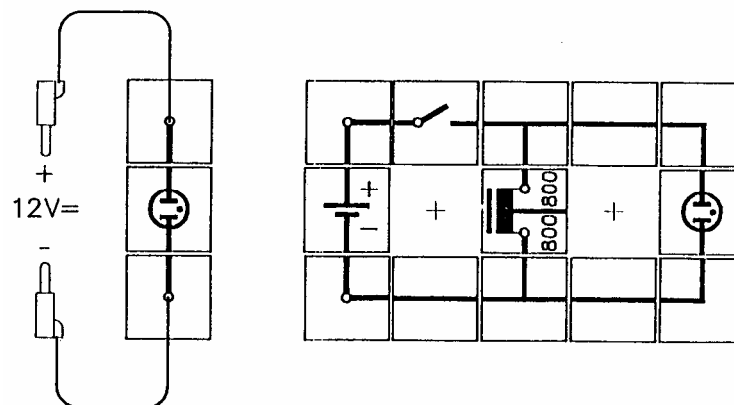
Se in questa condizione si abbandona il piattello, questo scende rapidamente, ma, se si chiude l'interruttore **2**, il movimento diviene subito lento come se il motore esercitasse un'azione frenante; aprendo l'interruttore **2**, il moto del piattello riprende con velocità crescente.

Ripetere l'esperimento ed osservare con attenzione il fenomeno.

Conclusioni: quando si chiude l'interruttore **2** si chiude il circuito del motore (anzi lo si pone in corto circuito): la tensione indotta, generata dalla rotazione, produce una corrente indotta che, in accordo con la legge di Lenz, ha direzione opposta alla causa della sua origine; pertanto la corrente indotta esercita un'azione frenante sul moto del rotore.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
2E1	Conduttore a T	2
3E1	Conduttore ad angolo	2
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
7E1	Conduttore diritto	3
9E1	Accumulatore 1,2 V	1
11E1	Interruttore	1
22E1	Lampada a bagliore	1
31E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
34E2	Porta-bobina 800 spire	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di serraggio	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	2



Se in un circuito si verifica una variazione improvvisa dell'intensità di corrente che lo percorre, varia anche il flusso magnetico concatenato con il circuito medesimo. Tale variazione di flusso provoca una corrente, che segue la legge di Lenz e che si oppone alla causa che l'ha prodotta. Questo fenomeno è detto **autoinduzione**: esso si verifica con particolare evidenza nei circuiti comprendenti bobine, allorché questi vengono aperti o chiusi.

Scopo dell'esperimento è mostrare che le tensioni auto-indotte possono raggiungere valori di picco molto elevati.

Montaggio: predisporre il circuito della figura 1 per la prima prova e, successivamente, aggiungere le altre piastrelle per completare la disposizione sperimentale della figura 2.

La bobina rossa 2x800 spire va munita del nucleo di ferro laminato ad U chiuso dal proprio giogo diritto mediante il dispositivo di serraggio a staffa; in parallelo alla bobina viene collegata la lampada a bagliore in piastrella, che servirà da indicatore luminoso.

L'alimentazione del circuito è fornita dall'accumulatore da 1,2 V=.

Esperimento 1: collegare il circuito della figura 1 all'uscita c.c. dell'alimentatore predisposto su 12 V =: la lampadina a bagliore non si accende, perché essa richiede, per questo, circa 90 V c.c. .

Esperimento 2: completare il circuito della figura 2, nel quale è usato come generatore, l'accumulatore da 1,2 V=, chiudere l'interruttore e, dopo alcuni secondi, riaprirlo, osservando con attenzione la lampada: nel momento dell'apertura essa brilla per un istante, indicando che la tensione applicata ai suoi elettrodi ha sicuramente raggiunto i 90 V.

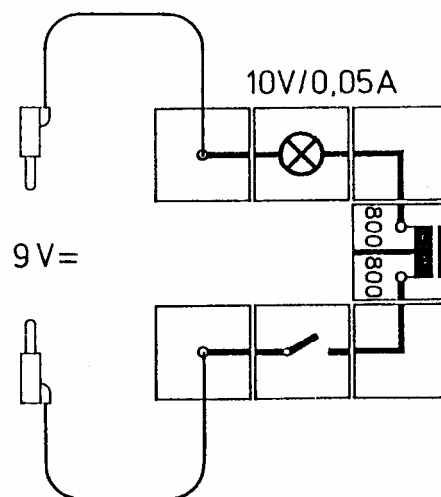
Conclusioni: sebbene la tensione prodotta dall'accumulatore sia di soli 1,2 V quando si interrompe il circuito la bobina sviluppa, per effetto dell'autoinduzione, un picco di tensione molto elevato.

LA BOBINA NEI CIRCUITI IN C.C. ED IN C.A.

E 11.15.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
3E1	Conduttore ad angolo	2
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
11E1	Interruttore	1
18E1	Porta lampada E 10	1
31E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
4 E3	Resistenza 10 kΩ	1
24E2	Lampada 10V/0,05A	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di serraggio	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
	Alimentatore	
	Fili di collegamento	2



Le bobine hanno un comportamento assolutamente diverso, se sono alimentate in corrente continua od in corrente alternata.

Scopo dell'esperimento è studiare le due condizioni per rilevarne le differenze.

Montaggio: predisporre il circuito rappresentato nell'illustrazione.

Inserire nella bobina rossa 2x800 spire il nucleo di ferro laminato ad U e tenere a portata di mano il giogo diritto di chiusura per le due prove che seguono.

Esperimento 1: collegare il circuito all'uscita c.c. dell'alimentatore regolato su 9V= e chiudere l'interruttore. Attaccare il nucleo diritto al nucleo ad U, osservando contemporaneamente la lampadina da 10 V: nel momento della chiusura l'intensità luminosa della lampadina diminuisce per breve tempo.

Tenere il nucleo ad U con una mano e con l'altra staccare il giogo di chiusura: nel momento di distacco l'intensità luminosa della lampada aumenta per un istante. Aprire l'interruttore, togliere il nucleo ad U e cambiare il collegamento dall'uscita c.c. all'uscita c.a. dell'alimentatore (9V c.a.).

Esperimento 2: chiudere l'interruttore: la lampadina si accende. Ora inserire nella bobina il nucleo ad U e chiuderlo con il proprio giogo diritto mediante l'apposito dispositivo di serraggio a staffa: la lampadina si spegne.

La stessa situazione può essere osservata, inserendo in serie alla lampadina, al posto della bobina, una resistenza da $10k\Omega$ ed un amperometro. Misurando l'intensità di corrente alternata che percorre la bobina e successivamente la resistenza da $10k\Omega$ si può provare che esse sono all'incirca uguali.

Conclusioni: in corrente continua costante la bobina si comporta come un comune resistore ohmico tuttavia, non appena si verifica una variazione del campo magnetico nella bobina (come è stato fatto, ad esempio, chiudendo ed aprendo il nucleo di ferro), la bobina reagisce, per autoinduzione, in ossequio alla legge di Lenz. Per tale ragione nell'istante in cui si chiude il nuclei di ferro l'intensità luminosa della lampadina diminuisce ed aumenta, invece, quando il nucleo viene aperto.

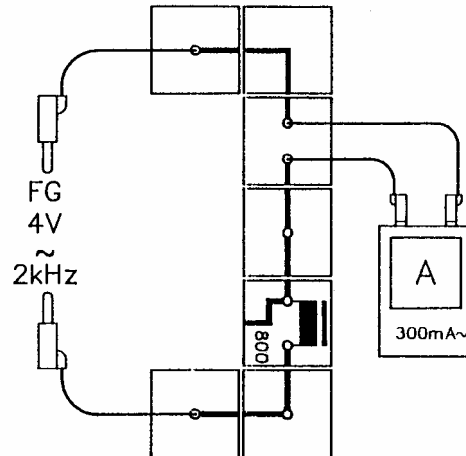
Quando si applica una tensione alternata alla bobina questa presenta al passaggio della corrente una resistenza superiore alla resistenza in continua; se la bobina è munita di nucleo di ferro chiuso, la resistenza diventa elevatissima.

RESISTENZA DI UNA BOBINA IN C.A.

E 11.16.

Elementi occorrenti:

1E1	Piastra di base	1
	Piastrelle su spine :	
3E1	Conduttore ad angolo	1
5E1	Conduttore ad angolo con boccola	1
6E1	Conduttore di collegamento al circuito	2
8E1	Conduttore diritto con boccola	1
19E1	Conduttore interrotto	1
31E2	Porta-bobina 2x800 spire	1
34E2	Porta-bobina 800 spire	1
28E2	Nucleo di ferro ad U	1
29E2	Nucleo di ferro diritto	1
30E2	Dispositivo di serraggio	1
32E2	Bobina rossa 2 x 800 spire	1
33E2	Bobina bleu 800 spire	1
	Generatore di funzioni	
	Alimentatore	
	Amperometro	
	Fili di collegamento	4



Si è visto nell'esperimento E 11.15. che, quando si applica una tensione alternata ad una bobina, la resistenza che essa presenta al passaggio della corrente è molto elevata
Scopo del presente esperimento è studiare le cause del fenomeno e da quali grandezze esso dipenda.

Montaggio: realizzare il circuito schematizzato nell'illustrazione ed applicargli la tensione alternata sinusoidale fornita dal generatore di funzioni (alimentato a 12 V c.a.); l'amperometro inserito in circuito deve avere il fondo scala 300 mA c.a. . La bobina da 800 spire va usata senza nucleo di ferro e, nella seconda e terza prova va sostituita con la bobina da 2x800 spire. Il generatore di funzioni deve essere predisposto su "4 Volt SINUS"; inizialmente viene utilizzata la frequenza di 2 kHz, poi 4 kHz ed infine 8 kHz.

Esperimento 1: la tensione applicata al generatore di funzioni va regolata in modo che l'intensità di corrente sia di 40 mA: tale tensione deve restare invariata anche nell'esperimento 2. Aumentare la frequenza a 4 kHz e misurare l'intensità di corrente; passare a 8 kHz e misurare ancora l'intensità di corrente. Annotare i valori rilevati:

Frequenza (in kHz)	2	4	8
Intensità di corrente (in mA)	40

L'intensità di corrente è inversamente proporzionale alla frequenza: quindi la resistenza induttiva della bobina è direttamente proporzionale alla frequenza della corrente alternata.

Esperimento 2: sostituire la bobina da 800 spire con quella da 2x800 spore e ripetere le prove dell'esperimento 1:

Frequenza (in kHz)	2	4	8
Intensità di corrente (in mA)	40

Confrontare i risultati con quello dell'esperimento 1 e notare che l'effetto del numero di spire è determinante: infatti raddoppiando il numero di spire, l'intensità di corrente si riduce ad un quarto del valore iniziale. La resistenza induttiva è direttamente proporzionale al quadrato del numero di spire della bobina.

Esperimento 3: ridurre la frequenza dell'alternata a 500 Hz e portare il fondo scala dell'amperometro su 100 mA c.a.; regolare la tensione applicata in modo che l'intensità di corrente sia esattamente 100 mA c.a. .

Inserire il nucleo laminato diritto nella bobina:

Intensità di corrente (con il giogo): ... mA

Inserire il nucleo laminato ad U nella bobina (al posto di quello diritto):

Intensità di corrente (con il nucleo ad U): ... mA

Chiudere il nucleo ad U con il giogo diritto mediante l'apposito dispositivo di serraggio a staffa:

Intensità di corrente (con il nucleo chiuso): ... mA

La resistenza induttiva aumenta con la qualità del circuito magnetico.

Conclusioni: la resistenza induttiva di una bobina è direttamente proporzionale alla frequenza della corrente alternata, al quadrato del numero di spire della bobina; essa inoltre aumenta con la qualità del nucleo di ferro.