

LEHROSZILLOSKOP II

NACHWEIS DER UNGESTÖRTEN ÜBERLAGERUNG VON MAGNETFELDERN IM VAKUUM.

- Überlagerung von magnetischen Wechselfeldern gleicher und unterschiedlicher Frequenz und Beobachtung der Verschiebung des Bildpunktes der Röhre.
- Erzeugung von geschlossenen Lissajous-Figuren.
- Überprüfung der Netzfrequenz.

UE3070850

06/16 JöS

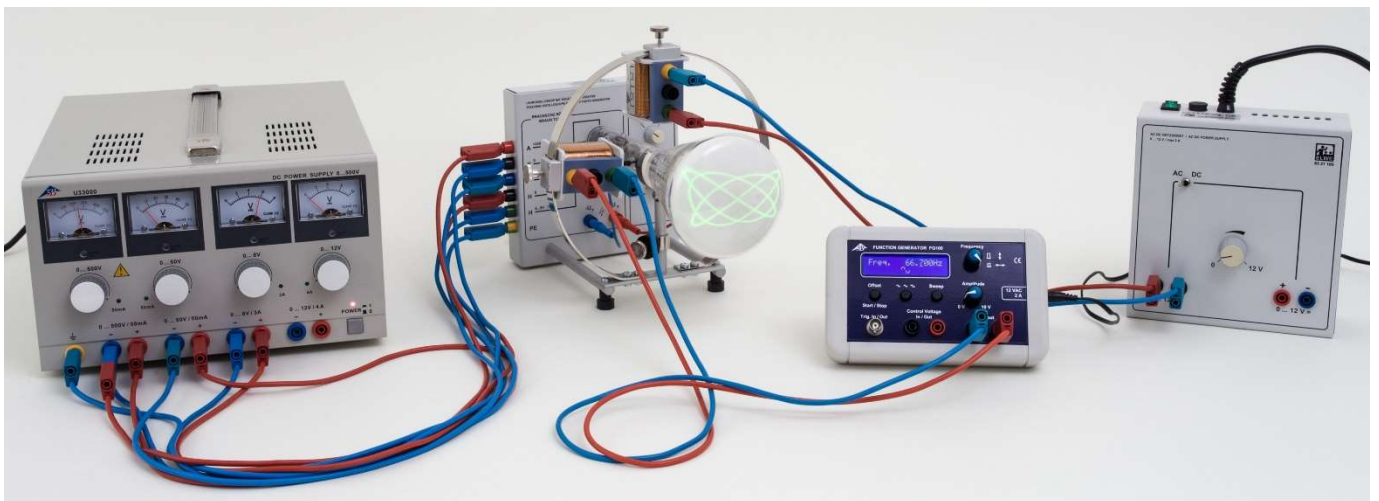


Fig. 1: Messanordnung.

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Mit Hilfe einer Braun'schen Röhre lässt sich das Superpositionsprinzip für Magnetfelder im Vakuum demonstrieren, in dem man die Ablenkung des Elektronenstrahls der Röhre im Magnetfeld untersucht. Die Untersuchung kann insbesondere auch für magnetische Wechselfelder durchgeführt werden, da der Elektronenstrahl den Magnetfelderänderungen nahezu trägheitslos folgt.

Im Experiment werden zwei baugleiche stromdurchflossene Spulen außerhalb der Braun'schen Röhre angebracht und die Ablenkung des Elektronenstrahls in den Magnetfeldern der Spulen auf dem Leuchtschirm der Röhre als Verschiebungen des Bildpunktes beobachtet. Während das Magnetfeld der horizontalen Spule eine vertikale Verschiebung bewirkt, ruft die vertikale Spule eine horizontale Verschiebung hervor.

Durch ein mit Netzfrequenz alternierendes Magnetfeld in einer der Spulen wird der Bildpunkt zu einem vertikalen oder einem

horizontalen Strich auseinander gezogen. Schließt man beide Spulen parallel an die Wechselstromquelle, so erscheint ein gerader Strich unter 45° , bei antiparallelem Anschluss der Spulen unter -45° zur Vertikalen, da die Verschiebungen des Bildpunktes durch die beiden Magnetfelder überlagert werden.

Die Untersuchungen lassen sich auch auf alternierende Magnetfelder mit unterschiedlichen Frequenzen ausdehnen. Die nun auf dem Leuchtschirm zu beobachtenden Lissajous-Figuren hängen stark vom Frequenzverhältnis der beiden Magnetfelder und von deren Phasenlage ab. Wenn die Frequenzen in einem einfachen rationalen Verhältnis zueinander stehen, werden geschlossene Figuren erzeugt. Deren genaue Form hängt noch von der Phasendifferenz zwischen den Magnetfeldern ab, wie in Fig. 2 für Lissajous-Figuren mit dem Frequenzverhältnis 5:1 dargestellt ist.

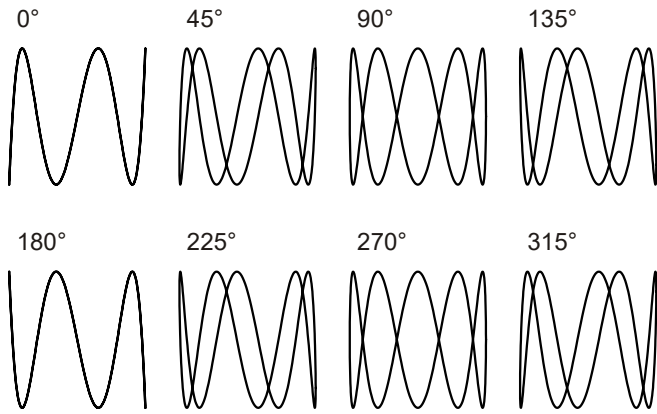


Fig. 2: Lissajous-Figuren zum Frequenzverhältnis 5:1 mit den Phasendifferenzen 0°, 45°, 90°, ...

Weicht das Frequenzverhältnis nur geringfügig von einem einfachen rationalen Verhältnis ab, entsteht eine geschlossene Figur, die sich umso langsamer ändert, je kleiner die Abweichung vom rationalen Verhältnis ist. Dies wird im Experiment zur Überprüfung der Netzfrequenz ausgenutzt. Dazu wird eine Spule an einen mit Netzfrequenz arbeitenden Transformator und die zweite Spule an einen Funktionsgenerator angeschlossen, dessen Signalfrequenz mit hoher Genauigkeit abgelesen werden kann.

GERÄTELISTE

1	Lehroszilloskop	1025250
1	DC-Netzgerät 0 – 500 V @230V	1003308
oder		
1	DC-Netzgerät 0 – 500 V @115V	1003307
1	Funktionsgenerator FG 100 @230V	1009957
oder		
1	Funktionsgenerator FG 100 @115V	1009956
1	AC/DC-Netzgerät 0 – 12 V @230V	1001007
oder		
1	AC/DC-Netzgerät 0 – 12 V @115V	1001006
1	Satz 15 Sicherheitsexperimentierkabel 75 cm	1002843

AUFBAU

Sicherheitshinweise

Das Lehroszilloskop wird zum Teil mit Spannungen von über 60 V betrieben.

- Die Beschaltung nur bei ausgeschaltetem Netzgerät durchführen.
- Sicherheitskabel verwenden.

Da die Glasröhre evakuiert ist, besteht Implosionsgefahr.

- Röhre keinen Stößen und mechanischen Belastungen aussetzen.

Das Lehroszilloskop funktioniert, abhängig von der eingebauten Röhre, in der Regel bei Anodenspannungen bis ca. 300 V. Die Anodenspannung darf jedoch 350 V nicht überschreiten.

In Schulen und Ausbildungseinrichtungen ist der Betrieb des Gerätes durch geschultes Personal verantwortlich zu überwachen.

Inbetriebnahme

- Netzgerät ausschalten.
- Eingänge des Lehroszilloskops mit den Ausgängen des Netzgeräts gemäß Fig. 3 mit den angegebenen Spannungen verbinden.
- Netzgerät einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden.
- Sägezahngenerator auf „off“ stellen.

Nach 10-30 s erscheint auf dem Leuchtschirm ein grüner Fleck, der den auftreffenden Elektronenstrahl markiert. Um die Röhre für didaktische Zwecke möglichst einfach und übersichtlich zu halten, wurde auf zusätzliche Einrichtung zur Nachbeschleunigung und Fokussierung des Strahls verzichtet. Aus diesem Grund kann der Strahl in der Regel nicht so scharf wie in messtechnischen Oszilloskopen fokussiert werden.

- Wehneltspannung variieren, bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.

Der Elektronenstrahl ist auch in der Röhre als rötlicher Faden sichtbar, jedoch aufgrund der geringen Helligkeit nur im abgedunkelten Raum.

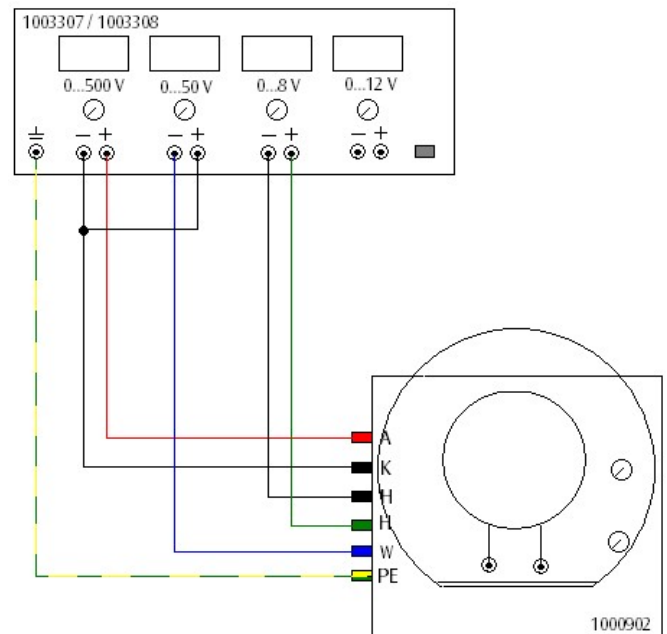


Fig. 3: Anschluss des Lehroszilloskops an das Netzgerät.

DURCHFÜHRUNG

Überlagerung von magnetischen Wechselfeldern

- Eine Spule gemäß Fig. 4 nach innen weisend mit horizontal ausgerichteter Achse am Metallring befestigen.
- Eingänge der Spule (grün, gelb) mit dem Funktionsgenerator (eingestellt auf eine 50 Hz-Sinusspannung) gemäß Fig. 4 verbinden. Amplitude so wählen, dass der auf dem Schirm erscheinende Strich etwa halb so lang ist wie der Durchmesser des Schirms.
- Mit dem Ringmagnet an der Röhrenhalterung den Strich möglichst mittig und vertikal ausrichten.
- Eine weitere Spule nach innen weisend mit vertikal ausgerichteter Achse am Metallring montieren.
- Eingänge der Spule (grün, gelb) mit dem AC/DC-Netzgerät verbinden.
- AC/DC-Netzgerät einschalten und Wechselspannung (AC) so einstellen, bis eine Ellipse erscheint.
- Frequenz des Funktionsgenerators auf Vielfache der Frequenz von 50 Hz einstellen und Bild beobachten.

Erzeugung von geschlossenen Lissajous-Figuren

- In Fortführung der Überlagerung magnetischer Wechselfelder (s.o.), den Funktionsgenerator erneut auf 50 Hz einstellen, bis wieder die Ellipse erscheint.

Je nachdem, wie gut die Frequenzen der Eingangssignale übereinstimmen, wird sich die Ellipse langsamer oder schneller verformen. Dabei wird pro Zyklus zweimal die Form einer geeigneten Geraden angenommen.

- Amplitude des Funktionsgenerators so anpassen, dass die Neigung der Geraden 45° beträgt und während des Übergangs ein Kreis entsteht.
- Frequenz des Funktionsgenerators auf Vielfache der Frequenz von 50 Hz einstellen.

Überprüfung der Netzfrequenz

Weicht das Frequenzverhältnis nur geringfügig von einem einfachen rationalen Verhältnis ab, entsteht eine geschlossene Figur, die sich umso langsamer ändert, je kleiner die Abweichung vom rationalen Verhältnis ist. Dies wird zur Überprüfung der Netzfrequenz ausgenutzt. Dazu wird eine Spule an einen mit Netzfrequenz arbeitenden Transformator, und die zweite Spule an den Funktionsgenerator angeschlossen, dessen Signalfrequenz mit hoher Genauigkeit abgelesen werden kann.

Passend zur Netzfrequenz ν wird diejenige Generatorfrequenz ν_5 gesucht, bei der sich die dem Frequenzverhältnis 5:1 zuzuordnende Lissajous-Figur am langsamsten ändert.

AUSWERTUNG

Überlagerung von magnetischen Wechselfeldern

Zwei magnetische Wechselfelder überlagern sich ungestört. Der Elektronenstrahl wird durch die zwei Spulen vertikal und horizontal abgelenkt.

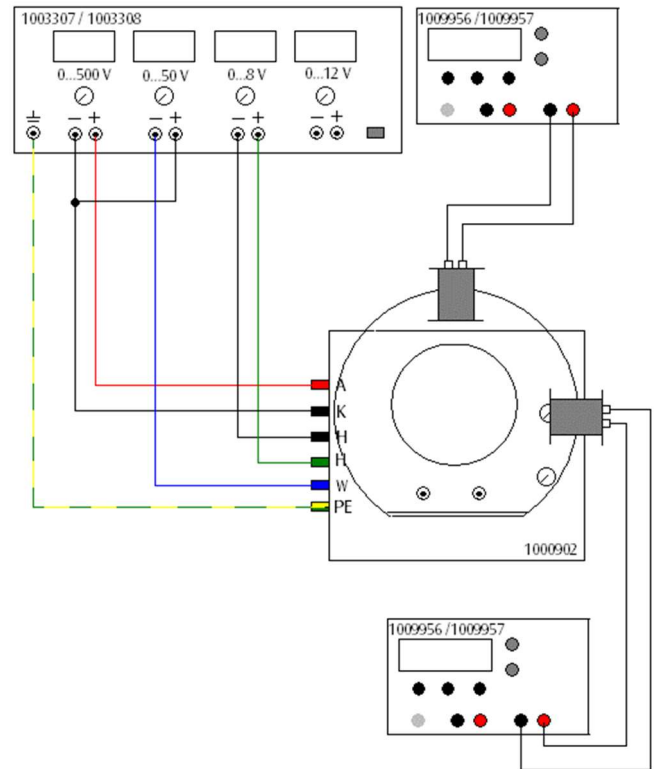


Fig. 4: Positionierung und Beschaltung der Spulen.

Erzeugung von geschlossenen Lissajous-Figuren

Es werden bereits die einfachsten Lissajous-Figuren beobachtet. Die Formen hängen vom Verhältnis der Frequenzen und von der Phasenverschiebung ab. Durch eine geringe Abweichung von der exakten Sollfrequenz beim Funktionsgenerator (in der Regel genügt schon die Ungenauigkeit der Geräte) läuft die Phasenverschiebung automatisch durch und alle Figuren zu einem Frequenzverhältnis können nacheinander betrachtet werden.

Wird die Frequenz des ersten Funktionsgenerators auf Vielfache der Horizontalfrequenz (50 Hz) eingestellt, sind die Lissajous Figuren zu den Frequenzverhältnissen 2:1, 3:1, 4:1,... zu beobachten.

Weitere Lissajous-Figuren entstehen bei gebrochenen Vielfachen der Horizontalfrequenz (z.B. 3:2 (75 Hz), 4:3 (66,7 Hz)).

Überprüfung der Netzfrequenz

Die Netzfrequenz ν zum Beobachtungszeitpunkt berechnet sich aus ν_5 wie folgt:

$$(1) \quad \nu = \frac{\nu_5}{5} = \frac{249,95 \text{ Hz}}{5} = 49,99 \text{ Hz} .$$

Diese Bestimmung erfolgt mit einer Genauigkeit von 0,01 Hz, da ν_5 mit einer Genauigkeit von 0,05 Hz eingestellt werden kann.

Training Oscilloscope II

DEMONSTRATE THE SUPERPOSITION OF MAGNETIC FIELDS IN A VACUUM

- Superposing magnetic fields with the same and different frequencies and observing the displacement of the focused spot on the screen of the tube.
- Generating closed Lissajous figures.
- Checking the frequency of the mains supply.

UE3070850

06/16 JöS



Fig. 1: Experiment set-up.

GENERAL PRINCIPLES

A Braun tube can be used to demonstrate the principle of superposition for magnetic fields in a vacuum, by observing the deflection of the beam in the magnetic field. It is especially instructive to also perform experiments with alternating magnetic fields, as the electron beam follows the changes of the magnetic field without a significant time-lag.

In the experiment, two identical current-carrying coils are placed outside the Braun tube, and the deflection of the electron beam in the magnetic fields of the coils is observed on the tube's fluorescent screen as shifts of the focused spot. The magnetic field of the horizontal coil causes a vertical shift of the beam, while that of the vertical coil causes a horizontal shift.

When an alternating magnetic field at the mains frequency is applied to one of the coils, the focused spot is stretched out to become a vertical or horizontal line. If both coils are then

connected in parallel to the alternating voltage source, the screen shows a straight line at 45° to the vertical, whereas when the coils are connected in opposition the line is at -45° , as the shifts produced by the two magnetic fields are superposed.

The experiment can be extended to study the effects of alternating magnetic fields of different frequencies. The Lissajous figures that then appear on the screen depend critically on the relationship between the frequencies of the two magnetic fields and on their phase relationship. When the ratio of the frequencies is an integer or a simple fraction, closed figures are generated. Their exact shape also depends on the phase difference between the magnetic fields. As an example, Figure 2 shows Lissajous figures with a frequency ratio 5:1.

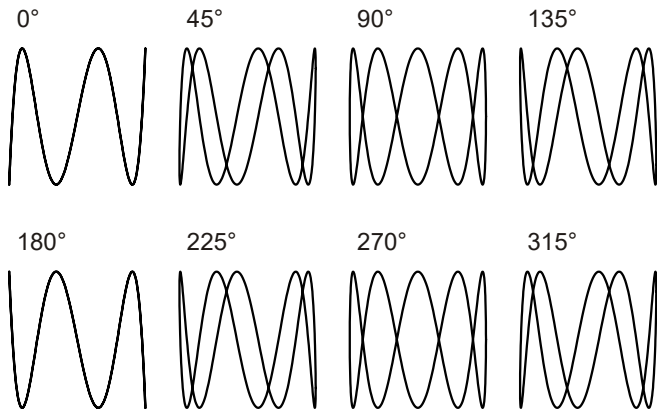


Fig. 2: Lissajous' figures for the frequency ratio 5:1 with phase differences 0°, 45°, 90°, ...

If the frequency ratio is only slightly different from a simple rational value, we observe a closed figure that changes with time, at a rate that becomes slower as the difference from a simple ratio is reduced. In the experiment, this behaviour is used to check the mains frequency. For this, one coil is connected to a transformer working at the mains frequency, while the second coil is connected to a signal generator whose output frequency can be read precisely.

LIST OF EQUIPMENT

1	Training Oscilloscope	1025250
1	DC Power Supply 0 – 500 V @230V	1003308
or		
1	DC Power Supply 0 – 500 V @115V	1003307
1	Function Generator FG 100 @230V	1009957
or		
1	Function Generator FG 100 @115V	1009956
1	AC/DC Power Supply 0 – 12 V @230V	1001007
or		
1	AC/DC Power Supply 0 – 12 V @115V	1001006
1	Set of 15 Safety Experiment Leads 75 cm	1002843

SET-UP

Safety instructions

The training oscilloscope is operated with voltages, some of which are above 60 V.

- Always turn off power supply before making connections.
- Use safety leads.

Since the glass tube is evacuated, there is an implosion hazard.

- Do not subject the tube to sharp blows or mechanical stress.

As a rule, the training oscilloscope operates at anode voltages up to about 300 V depending on what tube is connected. The anode voltage must not, however, exceed 350 V.

In schools and training institutions, operation of the device is to be responsibly supervised by trained personnel.

To start operation

- Turn off the power supply.
- Connect the inputs of the demonstration oscilloscope to the outputs of the power supply that supply the specified voltages (Fig. 3).
- Turn on the power supply.
- Adjust the voltage so as to not to exceed the limits.
- Turn off the saw-tooth generator.

After 10-30 sec, a green spot appears on the fluorescent screen, which denotes where the electron beam is hitting the screen. In order to keep the tube as simple and clear as possible for educational purposes, it was decided to do without additional apparatus for secondary acceleration and focusing of the beam. For this reason, it is not usually possible to focus the beam to the sharpness seen in conventional oscilloscopes.

- Vary the Wehnelt voltage until the spot reaches its minimum dimensions.

The electron beam is visible as a reddish thread inside the tube, but only in a darkened room because of its low intensity.

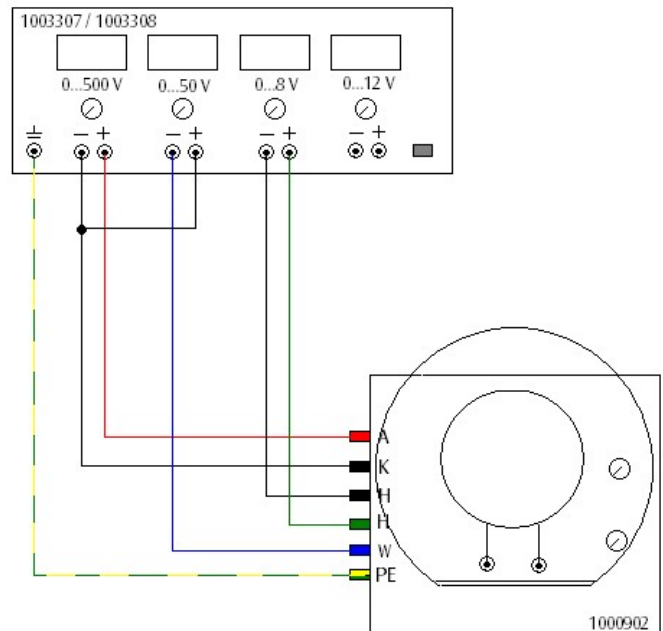


Fig. 3: Connection of training oscilloscope to power supply.

EXPERIMENT PROCEDURE

Superposition of alternating magnetic fields

- Attach a coil to the metal ring as shown in Fig. 4 facing inwards and with its axis horizontal.
- Connect the inputs of the coil (green, yellow) to the function generator (set to a sinusoidal voltage at 50 Hz) as shown in Fig. 4. Select an amplitude such that the line which appears on the oscilloscope screen is about half the screen diameter in length.
- Adjust the ring magnet on the tube holder until the line is as far as possible in the centre of the screen and aligned vertically.
- Attach another coil to the metal ring facing inwards with its axis aligned vertically.
- Connect the inputs of the coil (green, yellow) to the AC/DC power supply.
- Turn on the AC/DC power supply and adjust the (AC) voltage until an ellipse appears.
- Set the frequency of the function generator to an integer multiple of the 50 Hz frequency and observe the trace.

Generation of closed Lissajous figures

- While continuing to superimpose alternating magnetic fields (see above), set the function generator back to 50 Hz until the ellipse reappears.

Depending on how well the frequencies of the input signals are matched, the ellipse will continually deform, whether quickly or slowly. It will do so in a cycle which will twice see the trace take the form of a sloping straight line.

- Adjust the amplitude of the function generator such that these two lines both have a gradient of 45° and during the transition from one to the other, the trace takes the form of a circle.
- Set the frequency of the function generator to an integer multiple of the 50 Hz frequency.

Checking mains frequency

If the frequency ratio is only slightly different from a simple rational value, we observe a closed figure that changes with time, at a rate that becomes slower as the difference from a simple ratio is reduced. This behaviour can be used to check the mains frequency. For this, one coil is connected to a transformer working at the mains frequency, while the second coil is connected to a function generator from which the output frequency can be read precisely.

To match the mains frequency ν , a generator frequency ν_5 is sought for which the Lissajous figure with a frequency ratio of 5:1 changes most slowly.

EVALUATION

Superposition of alternating magnetic fields

Two alternating magnetic fields can be superimposed without difficulty. The cathode ray beam (electron beam) is then deflected by means of two coils mounted vertically and horizon-

tally.

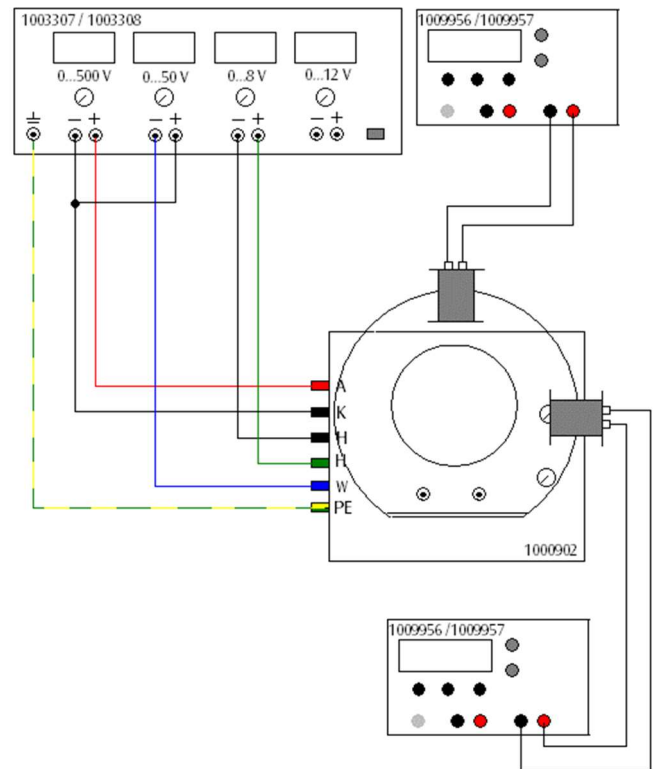


Fig. 4: Positioning and connection of coils.

Generation of closed Lissajous figures

We are already seeing the simplest Lissajous figures. Their shapes depend on the ratio of the frequencies and on the phase difference. Any slight deviation from the exact frequency desired from the function generator (the inherent inaccuracy arising from the instrument's manufacture is usually enough) automatically results in phase shifting and all the figures associated with a given frequency ratio can be viewed in sequence.

If the frequency of the first function generator is set to an integer multiple of the horizontal frequency (50 Hz), the Lissajous figures associated with frequency ratios 2:1, 3:1, 4:1,... can be seen.

Other Lissajous figures arise for further whole number ratios between the vertical and horizontal frequencies, e.g. 3:2 (75 Hz), 4:3 (66.7 Hz).

Checking mains frequency

The mains frequency ν is calculated to be:

$$(1) \quad \nu = \frac{\nu_5}{5} = \frac{249.95 \text{ Hz}}{5} = 49.99 \text{ Hz} .$$

The measurement has a precision of ± 0.01 Hz, since ν_5 can be adjusted with a precision of ± 0.05 Hz.

Osciloscopio didáctico II

COMPROBACIÓN DE LA SUPERPOSICIÓN NO PERTURBADA DE CAMPOS MAGNÉTICOS EN EL VACÍO.

- Superposición de campos magnéticos alternos de frecuencias iguales o diferentes y la observación del desplazamiento del punto de la imagen del tubo.
- Generación de figuras de Lissajous cerradas.
- Comprobación de la frecuencia de la red

UE3070850

06/16 JöS

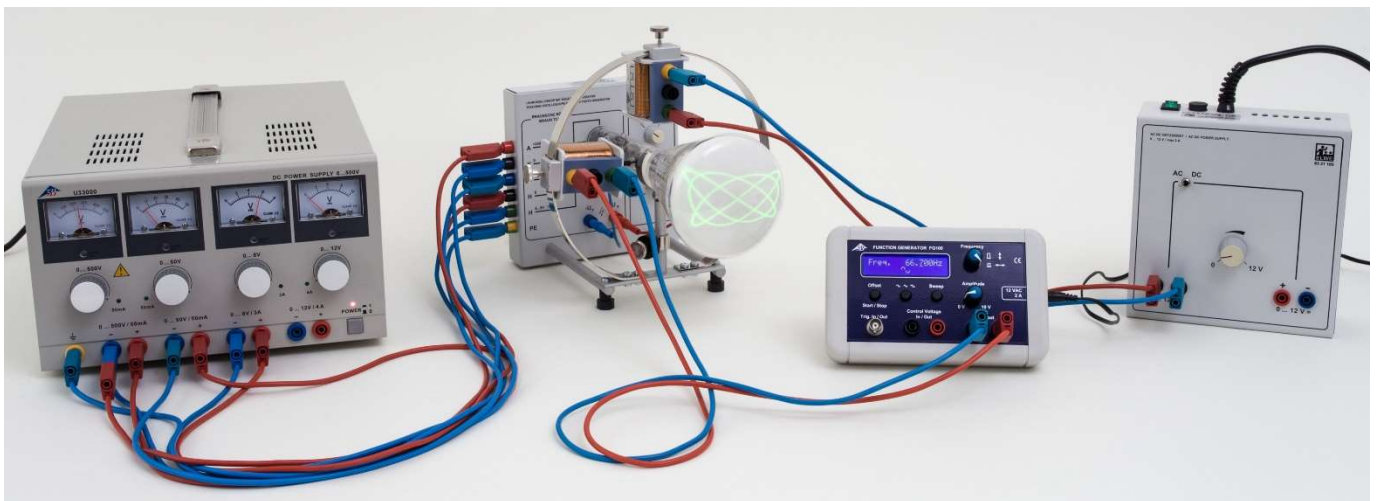


Fig. 1: Disposición de medición.

FUNDAMENTOS GENERALES

Con la ayuda de un tubo de Braun se puede demostrar el principio de superposición para campos magnéticos en el vacío, estudiando la desviación del rayo de electrones del tubo en el campo magnético. El estudio se puede realizar especialmente también para campos magnéticos alternos, porque el rayo de electrones sigue los cambios de los campos magnéticos casi libre de inercia.

En el experimento se colocan fuera del tubo de Braun dos bobinas de la misma forma que llevan corriente y se observa en la pantalla del tubo la desviación del rayo de electrones en los campos magnéticos de las bobinas, siguiendo el desplazamiento del punto de imagen sobre la pantalla del tubo. Mientras que el campo magnético de la bobina horizontal produce un desplazamiento vertical, la bobina vertical produce un desplazamiento horizontal.

Con un campo magnético que alterna con la frecuencia de la

red, el punto de la imagen se estira formando una raya vertical u horizontal. Si se conectan ambas bobinas paralelamente con la fuente de tensión alterna, aparece en pantalla una raya bajo un ángulo de 45° con respecto a la vertical, en caso de una conexión antiparalela de las bobinas el ángulo será de -45°, porque el desplazamiento del punto de la imagen se superpone por ambos campos magnéticos.

Los estudios se pueden extender a campos alternos con frecuencias diferentes. Las figuras de Lissajous observadas en la pantalla dependen fuertemente de la relación entre las frecuencias de ambos campos y de su punto de fase. Cuando las frecuencias se encuentran en una relación racional sencilla se producen figuras cerradas. Su forma exacta depende de la diferencia de fase entre los dos campos magnéticos, como se muestra en la Fig. 2 para las figuras de Lissajous con una relación entre las frecuencias de 5:1.

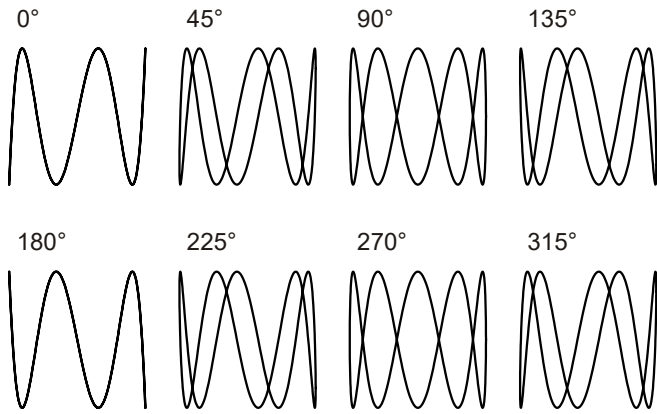


Fig. 2: Figuras de Lissajous con una relación de frecuencias de 5:1 con las diferencias de fase de 0°, 45°, 90°, ...

Si la relación entre las frecuencias discrepa solo un poco de una relación racional sencilla, se origina una figura cerrada que rota sobre si misma, la rotación será más lenta mientras menor sea la desviación de la relación racional. Ésto se aplica en el experimento para comprobar la frecuencia de la red. Para ello se conecta una bobina que funciona con un transformador trabajando con la frecuencia de la red y una segunda bobina conectada a un generador de frecuencia, la frecuencia de señal se puede leer con gran exactitud.

LISTA DE APARATOS

1	Osciloscopio didáctico	1025250
1	Fuente de alimentación de CC 0 – 500 V @230V	1003308
o		
1	Fuente de alimentación de CC 0 – 500 V @115V	1003307
1	Generador de funciones FG 100 @230V	1009957
o		
1	Generador de funciones FG 100 @115V	1009956
1	Fuente de alimentación de CA/CC 0 – 12 V @230V	1001007
o		
1	Fuente de alimentación de CA/CC 0 – 12 V @115V	1001006
1	Juego de 15 cables de experimentación de seguridad, 75 cm	1002843

MONTAJE

Advertencias de seguridad

El osciloscopio didáctico se activa parcialmente con tensiones superiores a los 60 V.

- El cableado se debe realizar con la alimentación de red apagada.
- Se deben utilizar cables de seguridad

Como el tubo de vidrio está evacuado se corre el peligro de implosión.

- El tubo no se debe golpear o exponer a esfuerzos mecánicos.

El osciloscopio didáctico funciona, dependiendo del tubo incorporado, por regla general, con tensiones de ánodo de hasta aprox. 300 V. Sin embargo, la tensión de ánodo no debe sobrepasar los 350 V.

El funcionamiento del aparato en colegios e instituciones de formación debe estar supervisado siempre por personal especializado y responsable.

Puesta en funcionamiento

- Se desconecta la fuente de alimentación.
- Se conectan las entradas del osciloscopio didáctico con las salidas de la fuente de alimentación de red, de acuerdo con las tensiones indicadas (Fig. 3).
- Se conecta la fuente de alimentación de red..
- Se ajustan los reguladores de tensión de tal forma que no se sobrepasen los valores límites.
- El generador de dientes de sierra se ajusta en "off".

Después de 10 a 30 segundos se observa en la pantalla un punto verde, el cual muestra el rayo de electrones incidentes. Para que el tubo sea lo más sencillo y claro posible para los objetivos didácticos, se a desistido de colocar en el tubo algunas instalaciones adicionales para la aceleración o focalización ulteriores del rayo. Por esta razón no se puede focalizar el rayo tan nítidamente como se hace en los osciloscopios de técnicas de medidas.

- Se varía la tensión del cilindro de Wehnelt hasta que el punto tenga su mínima dimensión.

El rayo de electrones se puede observar en el tubo como un hilo rojo, pero debido a la baja luminosidad sólo se puede observar en un recinto con luz atenuada o a oscuras.

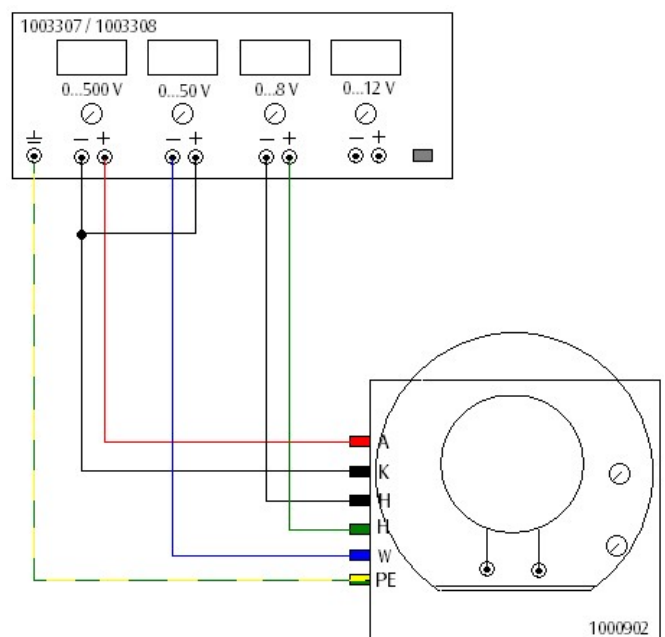


Fig. 3: Conexión del osciloscopio didáctico a la fuente de alimentación.

REALIZACIÓN

Superposición de campos magnéticos alternos

- Una bobina se fija en el anillo metálico con el eje en dirección horizontal dirigida hacia adentro, como se muestra en la Fig. 4.
- Las entradas de la bobina (verde, amarillo) se conectan con el generador de funciones (ajustado a una tensión senoidal de 50 Hz), de acuerdo con la Fig. 4. La amplitud se elige de tal forma que la línea que aparezca en la pantalla sea tan larga como la mitad del diámetro de la pantalla.
- Con el imán anular en el soporte del tubo la línea se centra y se orienta, lo más posible, en la vertical.
- Otra bobina se monta en el anillo metálico con el eje orientado en la vertical y dirigida hacia adentro.
- Las entradas de la bobina se conectan con la fuente de alimentación de CA/CC.
- Se enciende la fuente de alimentación de CA/CC y se ajusta una tensión alterna (CA) hasta que aparezca una elipse en pantalla.
- La frecuencia del generador de funciones se ajusta en un múltiplo de la frecuencia de 50 Hz al tiempo que se observa la pantalla.

Generación de una figura de Lissajous cerrada

- En continuación de la superposición de campos magnéticos alternos (ver arriba), el generador se fija de nuevo en 50 Hz hasta que vuelva a aparecer la elipse.

Dependiendo que tan bien concuerden las señales de entrada, la elipse se deformará más lenta o más rápidamente. En ello, por ciclo asume dos veces la forma de una recta inclinada.

- La amplitud del generador de funciones se ajusta así que la inclinación de las rectas sea de 45° y durante la transición se genere un círculo.
- La frecuencia del generador de funciones se ajusta en un múltiplo de 50 Hz.

Comprobación de la frecuencia de la red

Si la relación entre las frecuencias se desvía muy poco de la relación racional sencilla, se genera una figura cerrada que cambia más lentamente mientras menor es la desviación de la relación racional. Esto se aprovecha para la comprobación de la frecuencia de la red. Para ello, una bobina se conecta a un transformador que trabaje con la frecuencia de la red y la segunda bobina se conecta a un generador de funciones cuya frecuencia de señal se pueda medir con alta precisión.

Justo para la frecuencia ν se busca en el generador de funciones aquella frecuencia ν_5 del generador para la cual la figura de Lissajous asignada a la relación de frecuencias 5:1 cambia con más lentitud.

EVALUACIÓN

Superposición de campos magnéticos alternos

Dos campos magnéticos alternos se superponen sin ser perturbados. El haz de electrones es desviado por las bobinas vertical y horizontalmente.

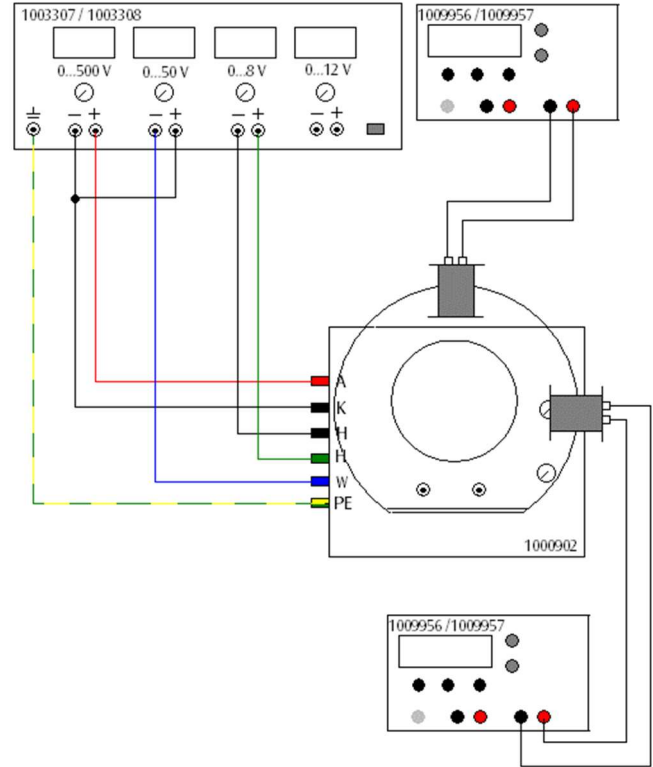


Fig. 4: Colocación y cableado de las bobinas.

Generación de figuras de Lissajous cerradas

Se observan ya las figuras de Lissajous más sencillas. Las formas dependen de la relación entre las frecuencias y del desplazamiento de fase. Por una mínima desviación de la frecuencia nominal en los generadores de funciones (por lo general es ya suficiente una inexactitud de los aparatos) el desplazamiento de fase se desplaza automáticamente y todas las figuras asociadas a una relación de frecuencias se pueden observar secuencialmente.

Si la frecuencia del primer generador de funciones se ajusta en un múltiplo de la frecuencia horizontal (50 Hz), se observarán las figuras de Lissajous para las relaciones de frecuencia 2:1, 3:1, 4:1,

Otras figuras de Lissajous se generan con un múltiplo fraccional de la frecuencia horizontal (p. Ej. 3:2 (75 Hz), 4:3 (66,7)).

Comprobación de la frecuencia de la red

La frecuencia de la red ν en el momento de la observación se calcula como sigue:

$$(1) \quad \nu = \frac{\nu_5}{5} = \frac{249,95 \text{ Hz}}{5} = 49,99 \text{ Hz} .$$

Esta determinación se realiza con una exactitud de 0,01 Hz, porque ν_5 se puede ajustar con una exactitud de 0,05 Hz.

Oscilloscope didactique II

DÉMONSTRATION DE LA SUPERPOSITION NON PARASITÉE DE CHAMPS MAGNÉTIQUES SOUS VIDE

- Superposition de champs magnétiques alternatifs de fréquence identique et différente et observation du déplacement du point lumineux du tube.
- Production de courbes de Lissajous fermées.
- Contrôle de la fréquence de réseau.

UE3070850

06/16 JöS

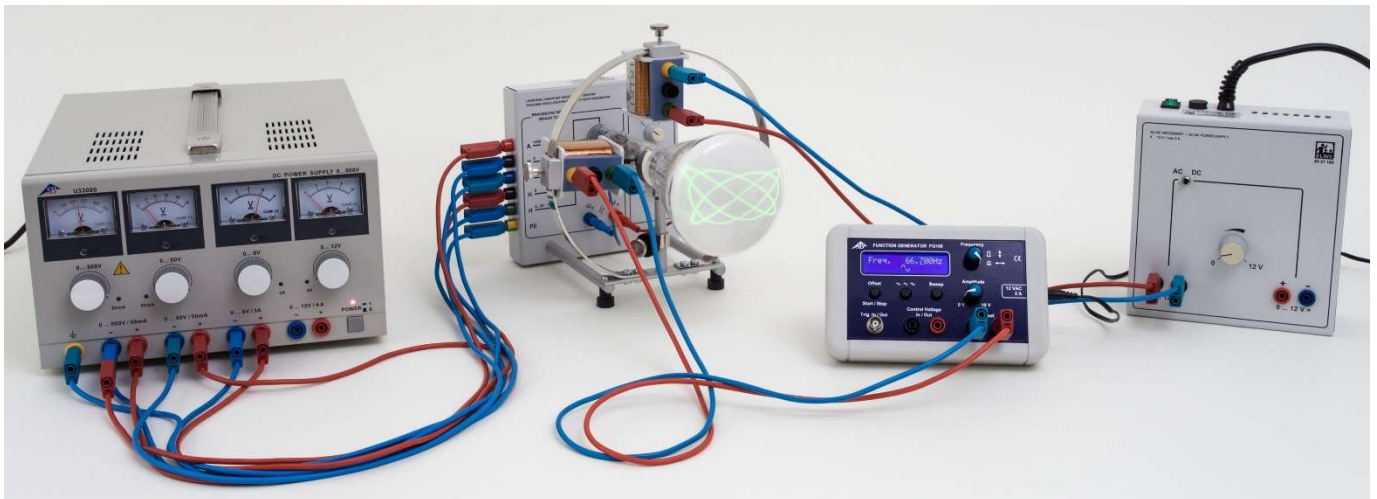


Fig. 1: Disposition pour mesure.

NOTIONS DE BASE GENERALES

Le tube de Braun permet de démontrer le principe de superposition pour champs magnétiques sous vide en étudiant la déviation du faisceau d'électrons du tube dans le champ magnétique. L'expérience peut être réalisée en particulier aussi pour les champs magnétiques alternatifs puisque le faisceau d'électrons suit presque sans inertie les modifications du champ magnétique.

Dans l'expérience, deux bobines de type identique alimentées en électricité sont montées hors du tube de Braun et la déviation du faisceau d'électrons dans les champs magnétiques des bobines sera observée sous la forme de déplacements du point lumineux sur l'écran fluorescent du tube. Alors que le champ magnétique de la bobine horizontale entraîne un déplacement vertical, la bobine verticale entraîne un déplacement horizontal.

En raison d'un champ magnétique alternatif avec fréquence de

réseau, le point lumineux sera étiré sous forme d'un trait vertical ou horizontal. Si les deux bobines sont raccordées en parallèle à la source de courant alternatif, apparaît alors un trait droit à 45°, pour un raccordement antiparallèle des bobines à -45°, de la verticale puisque les déplacements du point lumineux sont superposés par les deux champs magnétiques.

Les expériences peuvent être étendues aux champs magnétiques alternatifs avec fréquences différentes. Les courbes de Lissajous que l'on peut alors observer sur l'écran fluorescent dépendent fortement du rapport de fréquence entre les deux champs magnétiques, ainsi que de leur position de phase. Lorsque les fréquences entretiennent un rapport rationnel simple entre elles, des courbes fermées seront produites. Leur forme précise dépend encore de la différence de phase entre les champs magnétiques, comme le présente la figure 2 pour courbes de Lissajous avec un rapport de fréquences de 5:1.

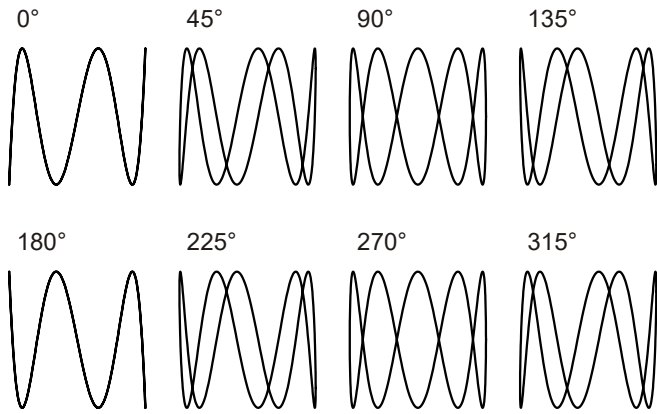


Fig. 2: Courbes de Lissajous pour un rapport de fréquence de 5:1 avec les différences de phases 0°, 45°, 90°, ...

Si le rapport de fréquences diffère ne serait-ce que légèrement d'un rapport rationnel simple, une courbe fermée sera alors générée dont les changements seront d'autant plus lents que la différence avec le rapport rationnel sera faible. Ceci sera utilisé dans l'expérience pour contrôler la fréquence de réseau. Pour cela, une bobine sera raccordée à un transformateur travaillant avec fréquence de réseau et la deuxième bobine, à un générateur de fonctions dont la fréquence de signal pourra être lue avec une précision élevée.

LISTE DES APPAREILS

1	Oscilloscope didactique	1025250
1	Alimentation CC 0 – 500 V @230V	1003308
ou		
1	Alimentation CC 0 – 500 V @115V	1003307
1	Générateur de fonctions FG 100 @230V	1009957
ou		
1	Générateur de fonctions FG 100 @115V	1009956
1	Alimentation CA/CC 0 – 12 V @230V	1001007
ou		
1	Alimentation CA/CC 0 – 12 V @115V	1001006
1	Jeu de 15 cordons de sécurité, 75 cm	1002843

MONTAGE

Consignes de sécurité

L'oscilloscope didactique est alimenté avec des tensions dépassant parfois 60 V.

- Ne procédez à des câblages que lorsque l'alimentation est éteinte.
- Utilisez des câbles de sécurité.

Comme le tube en verre est sous vide, il y a risque d'implosion.

- N'exposez pas le tube à des chocs ni à des charges mécaniques.

L'oscilloscope didactique fonctionne indépendamment des tubes intégrés, en règle générale à des tensions d'anode d'environ 300 V maxi. La tension d'anode ne doit pas dépasser 350 V.

Dans les écoles et les établissements de formation, l'utilisation de l'appareil doit être surveillée par un personnel formé.

Mise en service

- Mettez l'alimentation hors service.
- Reliez les entrées de l'oscilloscope avec les sorties de l'alimentation conformément aux tensions indiquées (Fig. 3).
- Mettez l'alimentation en service.
- Réglez le régulateur de tension de sorte que les valeurs limites ne soient pas dépassées.
- Réglez le générateur de dents de scie sur « off ».

Après 10 à 30 s, une tâche verte, qui marque le faisceau électronique, apparaît à l'écran. Pour que le tube reste simple et clair pour des fins didactiques, nous avons renoncé à installer un dispositif supplémentaire sur la post-accélération et la focalisation du faisceau. C'est la raison pour laquelle le faisceau ne peut pas être aussi net que sur des oscilloscopes techniques.

- Variez la tension Wehnelt, jusqu'à ce que la tâche atteigne son extension minimale.

Le faisceau apparaît également dans le tube sous la forme d'un fil rouge, mais, en raison de sa faible luminosité, visible seulement dans une pièce assombrie.

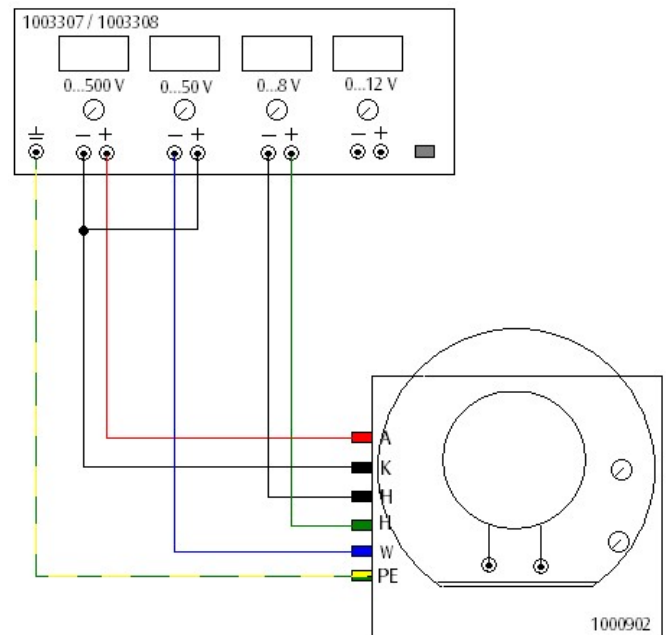


Fig. 3: Branchement de l'oscilloscope au bloc d'alimentation.

REALISATION

Superposition de champs magnétiques alternatifs

- Fixez une bobine à l'anneau métallique (Fig. 4), de façon à l'orienter vers l'intérieur dans un axe horizontal.
- Reliez les entrées de la bobine (vert, jaune) au générateur de fonctions qui est réglé à une tension sinusoïdale de 50 Hz (Fig. 4). Sélectionnez l'amplitude de manière à ce que le trait apparaissant à l'écran soit à peu près deux fois moins long que le diamètre de l'écran.
- Ajustez le trait si possible au centre et verticalement avec l'anneau magnétique sur le porte-tube.
- Montez une autre bobine à l'anneau métallique, de façon à l'orienter vers l'intérieur dans un axe vertical.
- Reliez les entrées de la bobine (vert, jaune) au bloc d'alimentation AC/DC.
- Allumez le bloc d'alimentation AC/DC et réglez la tension alternative (AC) de manière à obtenir une ellipse.
- Réglez la fréquence du générateur de fonctions à un multiple de la fréquence de 50 Hz et observez l'écran.

Génération de figures de Lissajous fermées

- Suite à la superposition de champs magnétiques alternatifs (cf. ci-dessus), réglez de nouveau le générateur de fonctions sur 50 Hz, jusqu'à obtenir de nouveau l'ellipse.

Selon la correspondance des fréquences des signaux d'entrée, l'ellipse se déforme lentement ou rapidement. À chaque cycle, elle prendra deux fois la forme d'une droite inclinée.

- Adaptez l'amplitude du générateur de fonctions, de sorte que l'inclinaison des droites s'élève à 45° et qu'il se forme un cercle pendant la transition.
- Réglez la fréquence du générateur de fonctions à un multiple de la fréquence de 50 Hz.

Contrôle de la fréquence de réseau

Si le rapport de fréquence ne diverge que faiblement d'un rapport rationnel simple, on obtient une figure fermée qui se modifie d'autant plus lentement que l'écart du rapport rationnel est faible. On s'en sert pour contrôler la fréquence de réseau. Pour cela, on branche une bobine à un transformateur fonctionnant à la fréquence de réseau et la seconde bobine au générateur de fonctions dont la fréquence du signal peut être lue avec une grande précision.

En adéquation avec la fréquence de réseau ν , on recherche la fréquence de générateur ν_5 à laquelle se modifie le plus lentement la figure de Lissajous qui doit être affectée au rapport de fréquence de 5:1.

EVALUATION

Superposition de champs magnétiques alternatifs

Deux champs magnétiques alternatifs se superposent sans perturbation. Le faisceau électronique est dévié verticalement et horizontalement par les deux bobines.

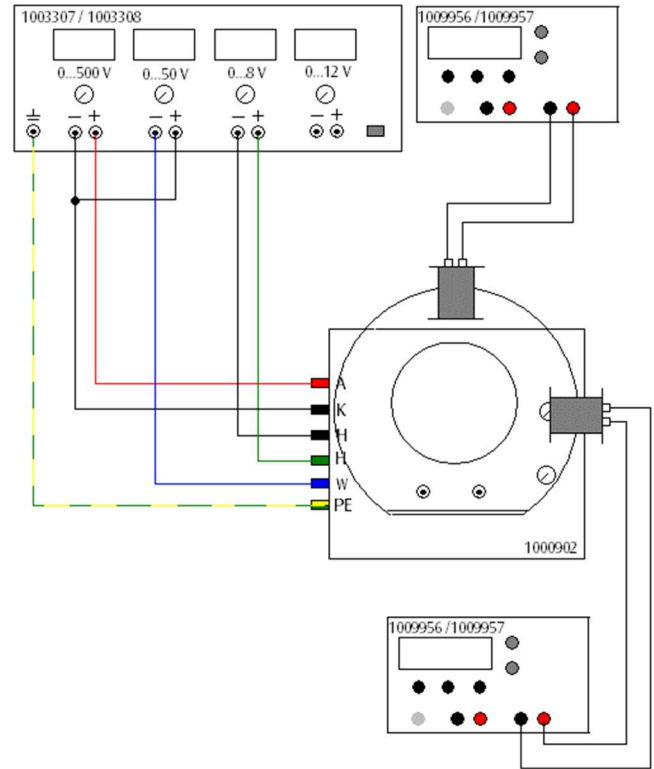


Fig. 4: Positionnement et circuiterie des bobines.

Génération de figures de Lissajous fermées

On observe déjà les figures de Lissajous les plus simples. Les formes dépendent du rapport entre la fréquence et le déphasage. Un faible écart de la fréquence de consigne exacte sur le générateur de fonctions (en règle générale, l'imprécision des appareils suffit déjà) entraîne automatiquement le déphasage et toutes les figures d'un rapport de fréquence peuvent être analysées successivement.

Si la fréquence du premier générateur de fonctions est réglé à un multiple de la fréquence horizontale (50 Hz), on observe les figures de Lissajous avec des rapports de fréquence de 2:1, 3:1, 4:1,....

D'autres figures de Lissajous apparaissent avec des multiples fractionnés de la fréquence horizontale (par ex. 3:2 [75 Hz], 4:3 [66,7 Hz]).

Contrôle de la fréquence de réseau

La fréquence de réseau ν au moment de l'observation sera alors calculée comme suit :

$$(1) \quad \nu = \frac{\nu_5}{5} = \frac{249,95 \text{ Hz}}{5} = 49,99 \text{ Hz} .$$

Cette détermination est réalisée avec une précision de 0,01 Hz puisque ν_5 peut être réglé avec une précision de 0,05 Hz.

Oscilloscopio didattico II

DIMOSTRAZIONE DELLA SOVRAPPOSIZIONE INDISTURBATA DI CAMPI MAGNETICI NEL VUOTO

- Sovrapposizione di campi alternativi magnetici a frequenza uguale e diversa e osservazione dello spostamento del punto di immagine del tubo.
- Produzione di figure di Lissajous chiuse.
- Verifica della frequenza di rete.

UE3070850

06/16 JöS



Fig. 1: Disposizione per la misurazione.

BASI GENERALI

Con il tubo a raggi catodici è possibile dimostrare il principio di sovrapposizione per i campi magnetici nel vuoto analizzando la deviazione del fascio elettronico del tubo nel campo magnetico. La verifica può essere eseguita in particolare modo anche per i campi magnetici alternativi, in quanto il fascio elettronico segue quasi privo di inerzia le variazioni del campo magnetico.

Nell'esperimento, due bobine con caratteristiche costruttive identiche percorse da corrente vengono applicate esternamente al tubo a raggi catodici e viene osservata la deviazione del fascio elettronico nei campi magnetici delle bobine sotto forma di spostamenti del punto di immagine sullo schermo fluorescente del tubo. Mentre il campo magnetico della bobina orizzontale determina uno spostamento verticale, la bobina verticale provoca uno spostamento orizzontale.

Attraverso un campo magnetico alternato alla frequenza di

rete in una delle bobine, il punto di immagine viene allungato in una linea verticale o orizzontale. Se si collegano entrambe le bobine parallelamente alla sorgente di corrente alternata, compare una linea retta a meno di 45° , se le si collega non parallelamente essa compare a meno di -45° rispetto alla verticale, in quanto gli spostamenti del punto di immagine vengono sovrapposti da entrambi i campi magnetici.

Le verifiche possono essere estese anche ai campi magnetici con frequenze diverse. Le figure di Lissajous ora osservabili sullo schermo fluorescente dipendono dal rapporto di frequenza dei due campi magnetici e dalla loro posizione di fase. Se le frequenze hanno tra loro un rapporto semplice e razionale vengono prodotte figure chiuse, la cui forma precisa dipende ancora dalla differenza di fase tra i campi magnetici, come è raffigurato nella Figura 2 per le figure di Lissajous con rapporto di frequenza 5:1.

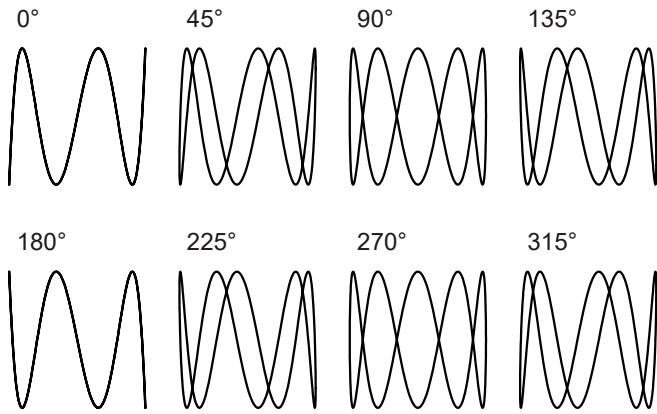


Fig. 2: Figure di Lissajous con rapporto di frequenza 5:1 e differenze di fase 0°, 45°, 90°, ...

Se il rapporto di frequenza si discosta solo leggermente da un rapporto razionale semplice, ne deriva una figura chiusa che cambia tanto più lentamente quanto più piccola è la deviazione dal rapporto razionale. Questo fenomeno viene sfruttato nell'esperimento per verificare la frequenza di rete. A tale scopo, la prima bobina viene collegata a un trasformatore funzionante a frequenza di rete e la seconda bobina a un generatore di funzione la cui frequenza di segnale possa essere letta con altissima precisione.

ELENCO DEGLI STRUMENTI

1 Oscilloscopio didattico	1025250
1 Alimentatore CC 0 – 500 V @230V	1003308
0	
1 Alimentatore CC 0 – 500 V @115V	1003307
1 Generatore di funzione FG 100 @230V	1009957
0	
1 Generatore di funzione FG 100 @115V	1009956
1 Alimentatore CA/CC 0 – 12 V @230V	1001007
0	
1 Alimentatore CA/CC 0 – 12 V @115V	1001006
1 Set di 15 cavi di sicurezza per esperimenti, 75cm	1002843

MONTAGGIO

Norme di sicurezza

L'oscilloscopio didattico viene utilizzato in parte con tensioni superiori a 60 V.

- Eseguire il cablaggio solo con alimentatore spento.
- Utilizzare i cavi di sicurezza.

Poiché il tubo di vetro è sotto vuoto, sussiste il pericolo di implosione.

- Non esporre i tubi a urti e sollecitazioni meccaniche.

Di norma l'oscilloscopio didattico funziona, a prescindere dal tubo installato, con tensioni anodiche fino a circa 300 V. La tensione anodica non deve in ogni caso superare i 350 V.

Nelle scuole e negli istituti di formazione l'utilizzo dell'apparecchio deve essere controllato responsabilmente da personale addestrato.

Messa in funzione

- Spegnerne l'alimentatore.
- Collegare gli ingressi dell'oscilloscopio didattico con le uscite dell'alimentatore in base alle tensioni indicate (Fig. 3).
- Accendere l'alimentatore.
- Impostare il regolatore di tensione in modo da non superare i valori limite.
- Mettere il generatore a dente di sega su "off".

Dopo 10-30 s compare sullo schermo fluorescente una macchia verde indicante il fascio di elettroni in arrivo. Per mantenere il tubo il più semplice e chiaro possibile a scopo didattico, si è rinunciato ad un dispositivo supplementare per l'accelerazione successiva e la messa a fuoco del fascio. Per questo motivo non è possibile di norma mettere a fuoco il fascio in modo così ottimale come avviene negli oscilloscopi per la tecnica di misurazione.

- I valori della tensione di Wehnelt variano finché la macchia non raggiunge l'estensione minima.

Il fascio elettronico è visibile anche all'interno del tubo come filo rossastro, ma, per la luminosità ridotta, solo in ambiente oscurato.

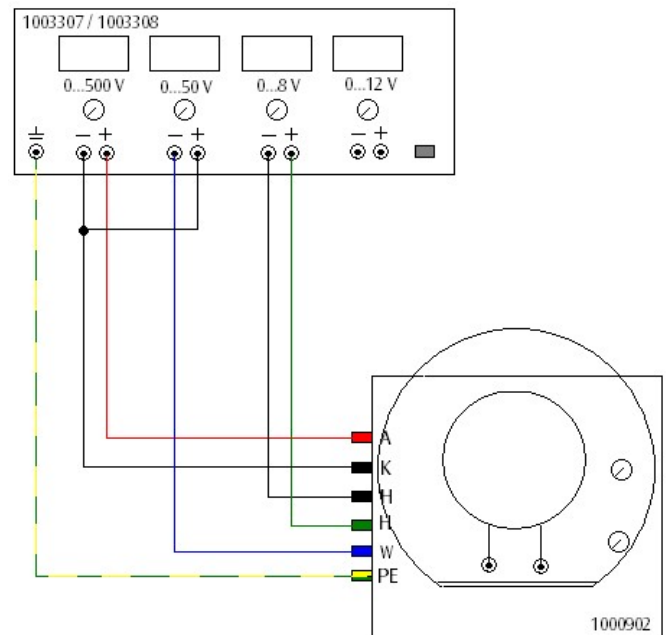


Fig. 3: Collegamento dell'oscilloscopio didattico all'alimentatore.

ESECUZIONE

Sovrapposizione di campi magnetici alternati

- Fissare sull'anello metallico una bobina come da Fig. 4 rivolta verso l'interno con asse orientato orizzontalmente.
- Collegare gli ingressi della bobina (verde, giallo) al generatore di funzione (impostato su una tensione sinusoidale di 50 Hz) come indicato alla Fig. 4. Selezionare l'ampiezza in modo che la linea che compare sullo schermo sia la metà del diametro dello schermo stesso.
- Con il magnete ad anello sul portatubi orientare la linea in posizione il più possibile centrale e verticale.
- Montare sull'anello metallico un'altra bobina rivolta verso l'interno con asse orientato verticalmente.
- Collegare gli ingressi della bobina (verde, giallo) all'alimentatore CA/CC.
- Accendere l'alimentatore CA/CC e impostare la tensione alternata (CA) fino a far comparire un'ellisse.
- Impostare la frequenza del generatore di funzione su multipli della frequenza di 50 Hz e osservare l'immagine.

Produzione di figure di Lissajous chiuse

- In proseguimento della sovrapposizione di campi magnetici alternati (vedi sopra), impostare nuovamente il generatore di funzione a 50 Hz fino a quando ricompare l'ellisse.

L'ellisse cambia forma più rapidamente o più lentamente a seconda di quanto le frequenze dei segnali di ingresso coincidano. Per ogni ciclo viene assunta due volte la forma di una retta inclinata.

- Adeguare l'ampiezza del generatore di funzione in modo che l'inclinazione della retta corrisponda a 45° e durante il passaggio si generi un cerchio.
- Impostare la frequenza del generatore di funzione su multipli della frequenza di 50 Hz.

Verifica della frequenza di rete

Se il rapporto di frequenza si discosta solo leggermente da un rapporto razionale semplice, ne deriva una figura chiusa che cambia tanto più lentamente quanto più piccola è la deviazione dal rapporto razionale. Questo fenomeno viene sfruttato per verificare la frequenza di rete. A tale scopo, la prima bobina viene collegata a un trasformatore funzionante a frequenza di rete e la seconda bobina a un generatore di funzione la cui frequenza di segnale possa essere letta con elevata precisione.

Compatibilmente alla frequenza di rete ν viene cercata la frequenza del generatore ν_5 in corrispondenza della quale la figura di Lissajous da correlare al rapporto di frequenza 5:1 cambia più lentamente.

ANALISI

Sovrapposizione di campi magnetici alternati

Due campi magnetici alternati si sovrappongono senza interferenze. Il fascio elettronico viene deviato mediante due bobine in direzione verticale e orizzontale.

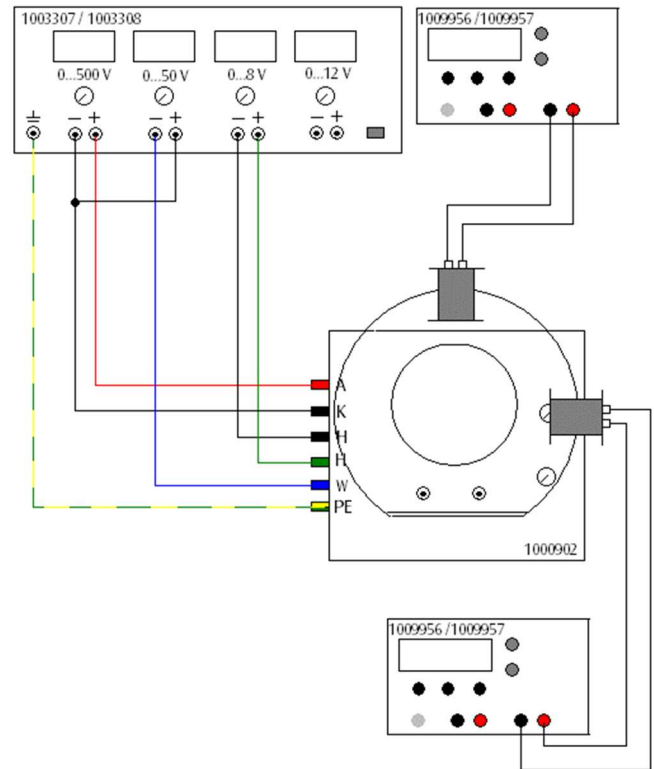


Fig. 4: Posizionamento e cablaggio delle bobine.

Produzione di figure di Lissajous chiuse

Si osservano già le più semplici figure di Lissajous. Le forme dipendono dal rapporto delle frequenze e dallo spostamento di fase. Con una piccola deviazione dalla frequenza nominale esatta nel generatore di funzione (di norma è già sufficiente l'imprecisione degli apparecchi), lo spostamento di fase si verifica automaticamente e tutte le figure relative ad un rapporto di frequenza possono essere osservate in successione.

Se la frequenza del primo generatore di funzione viene impostata su multipli della frequenza orizzontale (50 Hz), si osservano figure di Lissajous per i rapporti di frequenza 2:1, 3:1, 4:1,...

Ulteriori figure di Lissajous si generano con frazioni della frequenza orizzontale (p. es. 3:2 (75 Hz), 4:3 (66,7 Hz)).

Verifica della frequenza di rete

La frequenza di rete ν è calcolabile nel momento di osservazione nel modo seguente.

$$(1) \quad \nu = \frac{\nu_5}{5} = \frac{249,95 \text{ Hz}}{5} = 49,99 \text{ Hz} .$$

Questa determinazione è effettuata con una precisione di 0,01 Hz, in quanto ν_5 può essere impostata con una precisione di 0,05 Hz.

Osciloscópio para o ensino II

PROVA DA LIVRE SOBREPOSIÇÃO DE CAMPOS MAGNÉTICOS NO VÁCUO

- Sobreposição de campos magnéticos alternados de frequência igual e diferente e observação do deslocamento dos pontos de imagem do tubo.
- Produção de figuras Lissajous fechadas.
- Verificação da frequência da rede

UE3070850

06/16 JöS



Fig. 1: Disposição de medição.

FUNDAMENTOS GERAIS

Com o auxílio de um tubo de Braun pode-se demonstrar a livre sobreposição de campos magnéticos no vácuo, no qual se examina o desvio do jato de elétrons do tubo no campo magnético. A verificação também pode ser feita em campos magnéticos, eis que o jato de elétrons da alteração dos campos magnéticos ocorre sem lentidão.

Nessa experiência são afixadas duas bobinas com fluxo de corrente, de igual teor, na parte externa do tubo de Braun e pode-se observar, assim, o desvio do jato dos elétrons nos campos magnéticos das bobinas como deslocamento na tela do tubo. Enquanto o campo magnético da bobina horizontal reage sobre um deslocamento vertical, a bobina vertical influi sobre um deslocamento horizontal.

Através de um campo magnético alternado por uma frequência de rede nas bobinas, o ponto de imagem se torna um traço repuxado horizontal ou verticalmente. Se houver a conexão simultânea de ambas as bobinas em paralelo, aparecerá um

traço reto abaixo de 45° , em conexões antiparalelas das bobinas abaixo -45° um traço vertical, porque com o deslocamento do ponto de imagem através de ambos os campos magnéticos, ocorrerá uma sobrecarga dos mesmos.

Essas observações também podem ser estendidas aos campos magnéticos alternados com diferentes frequências. As figuras Lissajous que podem ser observadas agora dependem em grande parte da relação das frequências de ambos os campos magnéticos e de suas condições de fases. Quando as frequências se encontram em valores racionais simples, figuras fechadas são produzidas. Seu formato preciso depende, ainda, da diferença de fases entre os campos magnéticos, como representado no esquema 2 para figuras Lissajous, de relação de frequência 5:1.

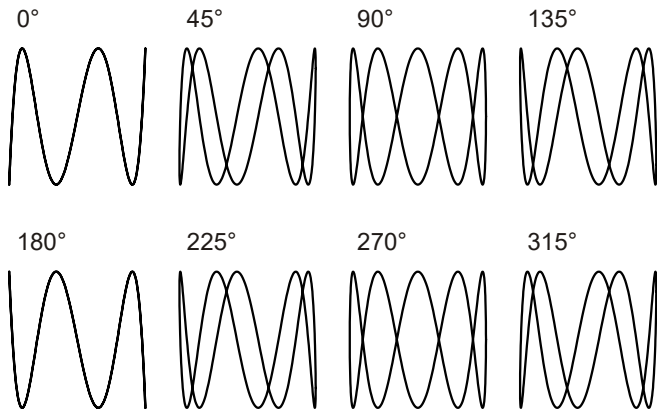


Fig. 2: Figuras Lissajous para diferença de frequência 5:1 com diferenças de fases de 0°, 45°, 90°, ...

Se, porém, houver um mínimo desvio da relação de frequência dos valores racionais simples, ocorre uma figura fechada, que por isso se modificará mais lentamente, quanto menor for o desvio dos valores racionais. Na experiência Isso é aproveitado para testar a frequência de rede. Para isso, uma bobina é conectada a uma frequência de rede de um transformador em funcionamento, e a segunda é conectada a um gerador de função, cujo sinal de frequência pode ser lido com alta precisão.

LISTA DE APARELHOS

1	Osciloscópio para o ensino	1025250
1	Fonte de alimentação DC 0 – 500 V @230V	1003308
ou		
1	Fonte de alimentação DC 0 – 500 V @115V	1003307
1	Gerador de funções FG 100 @230V	1009957
ou		
1	Gerador de funções FG 100 @115V	1009956
1	Fonte de alimentação AC/DC 0 – 12 V @230V	1001007
ou		
1	Fonte de alimentação AC/DC 0 – 12 V @115V	1001006
1	Conjunto de 15 cabos de segurança para experiências, 75 cm	1002843

MONTAGEM

Indicações de segurança

O osciloscópio didático é alimentado em parte com tensões acima de 60 V.

- Só realizar as conexões com o aparelho de alimentação elétrica desligado.
- Utilizar cabos de segurança.

O tubo de vidro estando evacuado existe o risco de implosão.

- Não exercer nenhum esforço mecânico sobre o tubo.

O osciloscópio de aprendizado funciona, dependendo do tubo inserido, geralmente com tensões de anodo de até cerca de 300 V. A tensão do anodo não pode, entretanto, ultrapassar os 350 V.

Em escolas ou centros de formação a operação do aparelho deve ocorrer sob a responsabilidade de pessoas preparadas para a operação do aparelho.

Primeira operação

- Desligar o aparelho de alimentação elétrica.
- Conectar as entradas do osciloscópio didático com as saídas do aparelho de alimentação em rede conforme às tensões correspondentes (Fig. 3).
- Ligar o aparelho de alimentação.
- Ajustar o regulador de tensão de modo que os valores limite não sejam ultrapassados.
- Colocar o gerador de dente de serra em "off".

Após 10-30 s aparece uma mancha verde sobre a tela que marca um feixe de elétrons incidente. Para manter o tubo o mais simples e compreensível possível para fins didáticos, não foi instalado um dispositivo adicional para aceleração posterior e focalização. Por essa razão, em geral o feixe não pode ser tão nítido como num osciloscópio de medição.

- Variar a tensão de Wehnelt até que a mancha apresente a sua extensão mínima.

O feixe de elétrons também é visível no tubo na forma de um fio avermelhado, porém, por causa da luminosidade reduzida, só é visível em espaço escurecido.

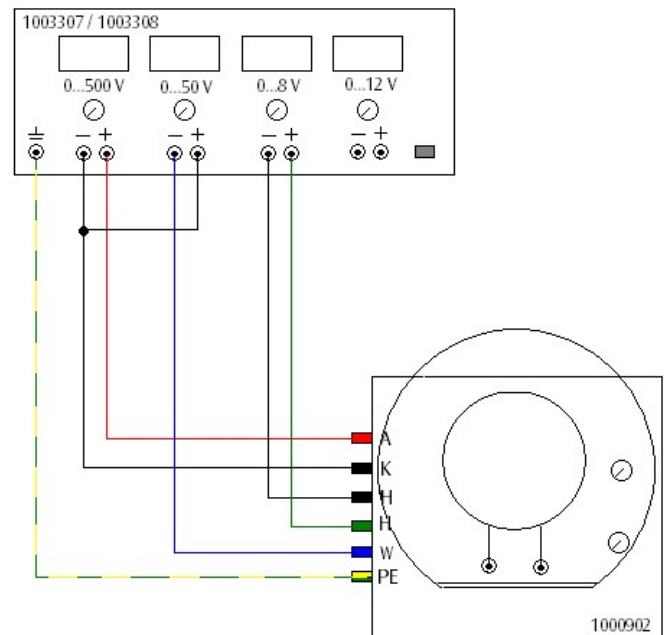


Fig. 3: Conexão do osciloscópio à fonte de alimentação.

EXECUÇÃO

Sobreposição de campos magnéticos alternados

- Fixar uma bobina conforme a Fig. 4 apontando para dentro com eixo disposto horizontalmente no anel de metal.
- Conectar as entradas da bobina (verde, amarelo) ao gerador de funções (ajustado para uma tensão senoidal de 50Hz) conforme Fig. 4. Selecionar a amplitude de forma que o traço que aparece na tela tenha cerca de metade do comprimento do diâmetro da tela.
- Com o ímã anelar no suporte do tubo, ajustar o traço central e verticalmente.
- Montar outra bobina apontando para dentro com eixo disposto verticalmente no anel de metal.
- Conectar as entradas da bobina (verde, amarelo) à fonte AC/DC.
- Ligar a fonte AC/DC e ajustar a corrente alternada (AC) de forma que surja uma elipse.
- Ajustar a frequência do gerador de funções para múltiplos da frequência de 50 Hz e observar a imagem.

Geração de figuras Lissajous fechadas

- No prosseguimento da sobreposição de campos magnéticos alternados (vide acima), ajustar o gerador de funções novamente para 50 Hz, até que volte a surgir uma elipse.

Dependendo de da precisão da sintonização das frequências dos sinais de entrada, a elipse se deformará mais lenta ou mais rapidamente. Sendo admitida a forma de reta inclinada duas vezes por ciclo.

- Adaptar a amplitude do gerador de funções de forma que a inclinação da reta seja de 45° e que um círculo se forme durante a transição.
- Ajustar a frequência do gerador de funções para múltiplos da frequência de 50 Hz.

Verificação da frequência da rede

Se a relação da frequência apresentar apenas desvios reduzidos de uma relação racional simples, forma-se uma figura fechada que se altera mais lentamente quanto menor o desvio da relação racional. Isto é utilizado para verificação da frequência de rede. Para tanto, uma bobina é conectada a um transformador trabalhando com a frequência da rede e uma segunda bobina é conectada ao gerador de funções, cuja frequência de sinal pode ser lida com grande precisão.

Adequada à frequência de rede ν , é procurada a frequência do gerador ν_5 , em que a figura de Lissajous atribuível à relação de frequência 5:1 se altera mais lentamente.

AValiação

Sobreposição de campos magnéticos alternados

Dois campos magnéticos alternados se sobrepõem sem distúrbios. O feixe de elétrons é desviado vertical e horizontalmente pelas duas bobinas.

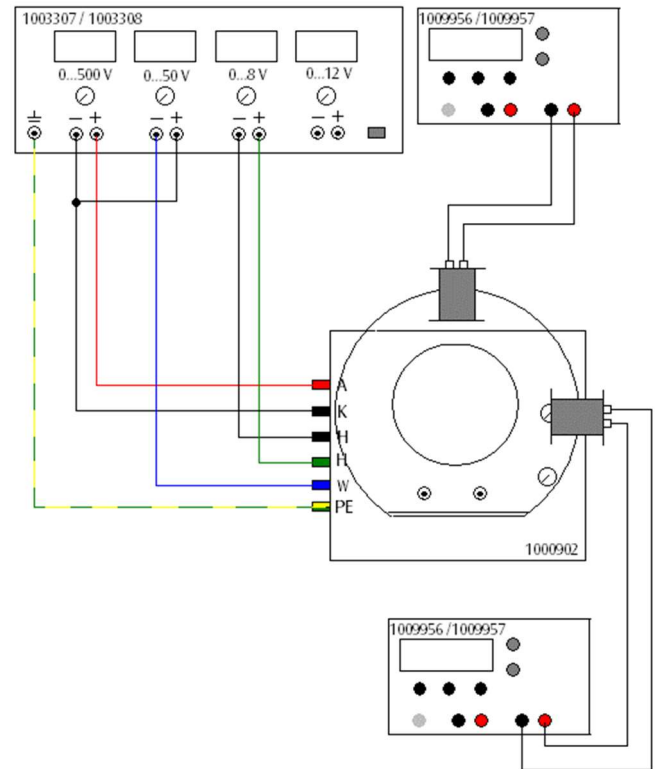


Fig. 4: Posicionamento e ligação das bobinas.

Geração de figuras Lissajous fechadas

Já são observadas as figuras Lissajous mais simples. As formas dependem da relação das frequências e do deslocamento das fases. Por meio de um desvio reduzido da frequência nominal exata no gerador de funções (por via de regra, já basta a margem de erro dos aparelhos), o deslocamento de fase ocorre automaticamente e todas as figuras de uma relação de frequências podem ser observadas sucessivamente.

Se a frequência do primeiro gerador de funções for ajustada para múltiplos da frequência horizontal (50 Hz), as figuras Lissajous podem ser observadas para as relações de frequências 2:1, 3:1, 4:1, ...

Outras figuras Lissajous se formam com múltiplos quebrados da frequência horizontal (por exemplo, 3:2 (75 Hz), 4:3 (66,7 Hz)).

Verificação da frequência da rede

A frequência de rede ν no momento de observação calcula-se como se segue:

$$(1) \quad \nu = \frac{\nu_5}{5} = \frac{249,95 \text{ Hz}}{5} = 49,99 \text{ Hz} .$$

Essa determinação ocorre com uma precisão de 0,01 Hz, porque ν_5 pode ser ajustado com uma precisão de 0,05 Hz.