



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Název projektu:

Internacionalizace, spolupráce, inovace, reflexe a evaluace v přípravě budoucích učitelů

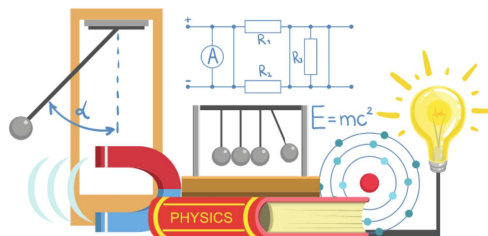
Registrační číslo:

CZ.02.3.68/0.0/0.0/19_068/0015764

Toto dílo podléhá licenci Creative Commons 4.0 ve variantě BY-SA



Praktikum školních pokusů 2 ZŠ



Transformátory, generátory, elektromotory

Následující experimenty jsou čerpány z těchto zdrojů a literatury:

1. SVOBODA, Emanuel a Václav HOUDEK. Pokusy z fyziky na střední škole. Praha: Prometheus, 1997. ISBN 8071960071.
2. Veletrh nápadů učitelů fyziky (vnuf.cz)
3. FyzWeb - Experimenty s Vernierem dle kapitol v učebnicích pro ZŠ
4. Návodů od firmy Didaktik

Hodnoty cívek pro stejnosměrný proud (trvalé zatížení)

Počet závitů N	Přípustný proud A	Normální napětí bezprostřední zapojení V	Průměrný odpor Ω
300	4	3	0,6
600	2	5	2,5
1200	1	15	15,5
12 000	0,1	100	1000

Hodnoty cívek pro střídavý proud 50 Hz

	N	Cívka bez jádra	Cívka s rovným jádretem	Cívka s jádrem U bez kotvy	Cívka s jádrem U s kotvou
U / V	300	4,5	21,5	27	138
	600	9,4	45,0	52	268
	1 200	22	90	113	535
	12 000	200	900	1 100	5 500
$X_L = L\omega$ Ω	300	0,9	5,4	6,8	36
	600	3,9	22	26,1	142
	1 200	15,1	91	111	544
	12 000	1510	9 043	10 830	54 000
L / H	300	0,0029	0,017	0,021	0,115
	600	0,0125	0,072	0,083	0,450
	1 200	0,048	0,29	0,35	1,73
	12 000	4,8	28,8	34,5	172

TRANSFORMOVAT LZE JEN ČASOVĚ PROMĚNNÉ NAPĚTÍ

POMŮCKY:

signální generátor se zdrojem 12 V $\approx$
akumulátor 6 V
upínací zařízení rozkladného transformátoru
lístkové U jádro a krátké jádro
2 cívky 600 z
stejnoseměrný ampérmetr s nulou uprostřed
stejnoseměrný voltmetr s nulou uprostřed
1 modul s objímkou E10

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Sestavíme transformátor. Přitom dbáme pečlivě na to, aby plechy obou částí byly v téže rovině a vybroušené nenalakované plochy U jádra a krátkého jádra byly u sebe.

Na U jádro nasuneme cívky, uzavřeme ho krátkým jádrem a vše dohromady stáhneme upínacím zařízením.

- 1) Na primární cívku připojíme přes vypínač a ampérmetr nejdříve stejnosměrné napětí cca 4 V. K sekundární cívce připojíme voltmetr. Voltmetr ukáže indukované napětí při zapnutí vypínače, při stacionárním průběhu proudu klesne indukované napětí na nulu a opět nenulové napětí (opačné polarity) ukáže voltmetr při rozepnutí vypínače.
- 2) Na primární cívku přivedeme přes vypínač a ampérmetr střídavé napětí nízké frekvence (0,5 – 1 Hz) ze signálního generátoru

Pozorujeme, že ukazovatelé ampérmetru i voltmetru kývají kolem nulové polohy se stejnou frekvencí.

VYSVĚTLENÍ:

Prochází-li primární cívkou transformátoru konstantní stejnosměrný proud, neindukuje se v sekundární cívce žádné napětí.

Transformovat lze jen časově proměnné napětí.

Prochází-li primární cívkou střídavý proud, indukuje se v sekundární cívce střídavé napětí téže frekvence.

POZNÁMKY

Pro přípravu pokusů je užitečné znát orientační hodnoty veličin, charakterizujících cívky ze soupravy pomůcek tzv. rozkladného transformátoru. Některé z hodnot uvádí úvodní tabulka.

CHOD TRANSFORMÁTORU NAPRÁZDNO

POMŮCKY:

zdroj střídavého napětí do 40 V $\approx$
upínací zařízení rozkladného transformátoru
lístkové U jádro a krátké jádro
cívky 300 z, 600 z, 1200 z (po 2 kusech)
2 střídavé ampérmetry 3 A $\approx$
spojovací vodiče

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Sestavíme transformátor s uzavřeným jádrem (pro první dvojici cívek dle tabulky) a stáhneme ho upínacím zařízením.

Zapojíme transformátor podle schématu na obrázku.

Zkratujeme sekundární cívkou tím, že ampérmetr připojíme přímo k sekundární cívce.

Na primární obvod vložíme střídavé napětí $U_1 = 1 \text{ V}$ a zapneme zdroj. Pokud by byly výchylky ampérmetrů malé, zvyšujeme napětí U , postupně např. po jednom voltu, až dosáhneme vyhovující výchylky. Dbáme při tom, abychom nepřekročili horní přípustné hodnoty proudů pro každou cívkou, tj. 4 A pro cívkou 300 z, 2 A pro cívkou 600 z, 1 A pro cívkou 1200 z.

Odečteme proud I_1 v primární cívce a proud I_2 v sekundární cívce a oba zapíšeme do tabulky.

Měření zopakujeme pro další kombinaci cívek N_1 a N_2 .

Tabulku doplníme o vypočtené podíly velikostí proudů.

N_1	N_2	I_1	I_2	N_2/N_1	I_1/I_2
300	300			1	
300	600			2	
600	300			0,5	
600	600			1	
1 200	600			0,5	
1 200	300			0,25	
600	1 200			2	

VYSVĚTLENÍ:

Při chodu transformátoru nakrátko platí (přibližně) mezi primárním a sekundárním proudem

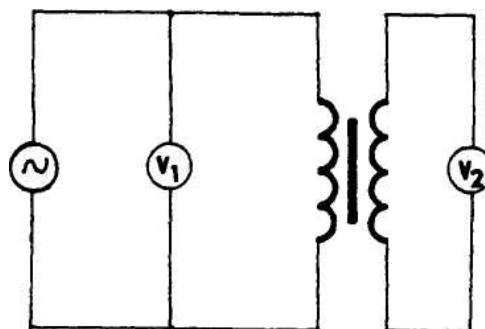
$$\text{vztah. } \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

POZNÁMKY

TRANSFORMACE NAPĚTÍ

POMŮCKY:

zdroj střídavého napětí do 40 V $\approx$
upínací zařízení rozkladného
transformátoru
lístkové U jádro a krátké jádro
cívky 300 z, 600 z, 1200 z (po 2 kusech)
2 střídavé voltmetry
spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Sestavíme transformátor s uzavřeným jádrem (pro první dvojici cívek dle tabulky) a stáhneme ho upínacím zařízením.

Zapojíme transformátor podle schématu na obrázku.

Pozorujeme, že piliny opět modelují magnetické indukční čáry, ale tentokrát díky tomu, že je

magnet umístěn v prostoru, vznikl 3D model magnetického pole.

Zvolíme první dvojici primární a sekundární cívky dle tabulky. Ze školního zdroje přivedeme napětí na primární cívku. Změříme napětí U_1 na primární cívce a napětí U_2 na sekundární cívce, hodnoty zapíšeme do tabulky.

N_1	N_2	U_1	U_2	N_1/N_2	U_1/U_2
300	300			1	
300	600			0,5	
600	300			2	
600	600			1	
1 200	600			2	
1 200	300			4	

Pokus zopakujeme pro další dvojice cívek.

Výměnu cívek provádíme při vypnutém zdroji!

VYSVĚTLENÍ:

Poměr napětí na cívkách transformátoru při chodu naprázdno je roven poměru počtu závitů na

obou cívkách, tj. $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$

POZNÁMKY

ÚČINNOST TRANSFORMÁTORU

POMŮCKY:

zdroj střídavého napětí do 40 V $\approx$

upínací zařízení rozkladného

transformátoru

lístkové U jádro

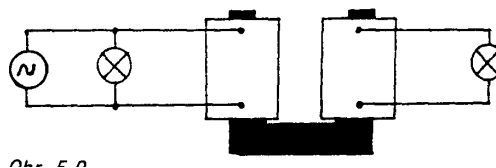
krátké jádro,

plné U jádro

2 cívky 600 z

2 žárovky 24 V/21 W

spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na lístkové U jádro nasuneme obě cívky. Jádro transformátoru necháme otevřené. Dle obrázku zapojíme primární a sekundární obvod. K použití v pozdějších fázích pokusu si připravíme krátké jádro, plné U jádro a upínací zařízení.

Na primární cívku vložíme napětí 24 V. Pozorujeme jas žárovky v sekundárním obvodu, oproti jas žárovky v primárním obvodu. Na U jádro postupně nasuneme krátké jádro a zopakujeme pozorování.

Transformátor stáhneme upínacím zařízením a porovnáme výsledek.

Lístkové U jádro nahradíme plným U jádrem a pozorujeme účinnost této sestavy. Po pokusu upozorníme na ohřátí plného jádra.

VYSVĚTLENÍ:

Transformátor s otevřeným jádrem má nižší účinnost než transformátor s uzavřeným jádrem, protože dochází k velkému rozptylu magnetického indukčního toku.

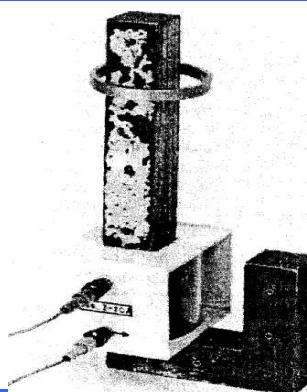
Účinnost transformátoru se rovněž snižuje užitím plného U jádra místo lístkového U jádra, protože dochází ke značným ztrátám energie v důsledku vířivých proudů v jádře.

POZNÁMKY

SMĚR PROUDU V SEKUNDÁRNÍ CÍVCE PŘI CHODU NAKRÁTKO

POMŮCKY:

zdroj střídavého napětí do 40 V $\approx$
upínací zařízení rozkladného
transformátoru
lístkové U jádro a dlouhé jádro
cívka 600 z
hliníkový kroužek a přerušný kroužek
spínač
spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Pokus sestavíme podle obrázku. Na jedno rameno U jádra nasuneme cívku a toto rameno prodloužíme pomocí dlouhého jádra. Na dlouhé jádro nasuneme hliníkový kroužek.

Primární cívku 600 z připojíme na 40 V střídavého napětí. V prstenci (sekundární jednozávitová cívka nakrátko) indukovaný proud způsobí, že se prstenec vznáší nad primární cívkou. Snažíme-li se prstenec stlačit dolů, musíme překonat odpudivou sílu.

Současně pozorujeme, že se prstenec zahřívá. Snížíme-li proud v primární cívce, odpuzuje se hliníkový prstenec méně.

Pokus opakujeme s přerušným hliníkovým kroužkem. Prstenec se nevznáší, protože v něm nemůže vzniknout indukovaný proud.

VYSVĚTLENÍ:

Odpuzování uzavřeného kroužku od primární cívky ukazuje, že v transformátoru zapojeném nakrátko má sekundární proud opačný směr než proud primární.

POZNÁMKY

MODEL INDUKČNÍ PECE

POMŮCKY:

upínací zařízení rozkladného transformátoru
lístkové U jádro a krátké jádro
cívka 600 z, cívka 1 z (žlábek)
papírový obal jádra
nehořlavá destička
cín
spojovací vodiče

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Primární cívku 600 z připojíme přes vypínač ke zdroji síťového napětí 230 V.

Jako sekundární cívka slouží kruhový žlábek, který má podobu jednoho závitů spojeného nakrátko a lze ho navléknout na jedno rameno U jádra. Při pokusu držíme vodorovně žlábek za dřevěnou rukojeť, do žlábků dáme kousek pájky nebo olova. Připravíme si desku z nehořlavého materiálu, na kterou po skončení pokusu budeme moci žlábek s roztaveným kovem položit do vychladnutí. Při transformačním poměru 1:600 prochází sekundárním vinutím transformátoru značný proud (cca 100 A, zpočátku i 200 A), který za krátkou dobu roztaví kov ve žlábků.

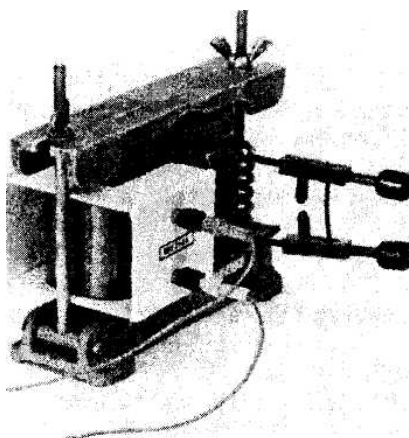
VYSVĚTLENÍ:

POZNÁMKY

TAVENÍ KOVŮ

POMŮCKY:

upínací zařízení rozkladného transformátoru
lístkové U jádro a krátké jádro
cívka 600 z, cívka 6 z
papírový obal jádra
nehořlavá destička
2 holicí čepelky
hřebík
cín
spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Za sekundární cívku zvolíme cívku se 6 závitů o průměru 5 mm, která přechází ve dvě ramena s izolačními rukojeťmi a dvěma elektrodami pro bodové sváření.

Na jádro pod závitů sekundární cívky nasuneme papírový obal, aby nevznikal zkrat. Svorky sekundární cívky spojíme hřebíkem nakrátko. Hřebík dobře utáhneme, abychom zmenšili

přechodový odpor v místě upevnění (můžeme předem hřebík očistit smirkovým papírem). Na stůl pod hřebík položíme nehořlavou desku, abychom při případném odkápnutí kovu nepoškodili stůl.

Primární cívku připojíme na 220 V a zahříváme hřebík až do bílého žáru, případně do přepálení. Protože má hřebík v sekundárním obvodu největší odpor, uvolní se zde při velkém proudu teplo potřebné k jeho roztavení. Po přepálení hřebíků je k sobě opět přitiskneme. Hřebíky se v místě dotyku rozžhaví až do bílého žáru a svaří se. V okamžiku svaření přerušíme proud.

VYSVĚTLENÍ:

Při tavení kovu, představuje největší odpor právě hřebík. Při velkém proudu dochází proto právě zde k největšímu ohřátí.

POZNÁMKY

SVAŘOVÁNÍ

POMŮCKY:

upínací zařízení rozkladného
transformátoru
lístkové U jádro a krátké jádro
cívka 600 z, cívka 6 z, cívka 1 z
(žlábek)
papírový obal jádra
nehořlavá destička
2 holicí čepelky
hřebík
cín
spojovací vodiče

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na U jádro nasuneme pod závity sekundární cívky 6 z papírový obal jádra. Žiletky vsuneme mezi elektrody sekundární cívky a přidržíme je jemným tlakem izolovaných rukojetí proti sobě jako v kleštích. Primární cívku připojíme na 220 V a držíme kleště lehce stisknuté. V sekundárním obvodu je v místě styku největší přechodový odpor a proto se zde žiletky nejvíce rozžhaví. Po rozžhavení kleště na okamžik silně stiskneme. Žiletky se spolu spojí.

VYSVĚTLENÍ:

Při bodovém sváření představuje největší odpor sekundárního obvodu místo dotyku žiletek. Při velkém proudu dochází proto právě zde k největšímu ohřátí.

POZNÁMKY

ELEKTRICKÉ STROJE

ALTERNÁTOR (JEDNOFÁZOVÝ) S PERMANENTNÍM MAGNETEM

POMŮCKY:

podkovový magnet

upínací zařízení

kotva (rotor) bez ocelového jádra a s jádrem

pólový nástavec s kartáčky

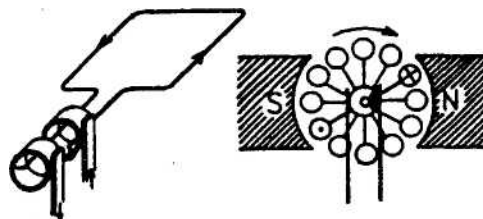
klička

pohonné zařízení

stejnosměrný voltmetr

střídavý voltmetr 3 V

spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do upínacího zařízení upneme šroubem podkovový magnet (nezaměnit s plným U jádrem). Na něj nasadíme pólový nástavec s dvěma pružnými přívody – kartáčky). Do ložiska pólových nástavců nasuneme rotor s jedním závitem a pak i s více závity. Kartáčky přitlačíme k sběracím kroužkům. Přívod od kartáčků připojíme ve všech případech k voltmetru.

a) Závislost indukovaného napětí na počtu závitů.

Při otáčení rotoru kličkou pozorujeme, že napětí indukované v cínce s jedním závitem je uvedeným voltmetrem téměř neregistrovatelné. S cívkou s větším počtem závitů pozorujeme větší výchylku ukazovatele měřidla.

b) Závislost indukovaného napětí na materiálu jádra cívky (kotvy).

Do pólových nástavců zasuneme rotor s cívkou na ocelovém jádře. Při otáčení rotoru pozorujeme, že maximální hodnota indukovaného napětí je podstatně větší než v předchozím případě.

c) Závislost indukovaného napětí na otáčkách. Přívod od kartáčků připojíme ke střídavému voltmetru s rozsahem 3 V. Otáčíme rotorem se zvyšující se úhlovou rychlostí.

VYSVĚTLENÍ:

a) S rostoucím počtem závitů roste indukované napětí.

b) Při otáčení kotvy v magnetickém poli vzniká střídavé napětí, jehož maximální hodnota závisí také na materiálu jádra kotvy.

c) Pozorujeme, že při rostoucí rychlosti otáčení rotoru roste indukované napětí.

POZNÁMKY

DYNAMO S PERMANENTNÍM MAGNETEM

POMŮCKY:

podkovový magnet
upínací zařízení
kotva (rotor) bez ocelového jádra a s jádrem
pólový nástavec s kartáčky
klička
stejnoseměrný miliampérmetr (3-0-3) mA
stejnoseměrný miliampérmetr 30 mA
pohonné zařízení
bubnová kotva s vícelamelovým komutátorem.
spojovací vodiče

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na pólový nástavec nasadíme kartáčky a zajistíme, aby se oba kartáčky dotýkaly poloprstenců komutátoru z protilehlých stran. Zapojení je na obrázku vlevo. Přívody od obou kartáčků připojíme k měřicímu přístroji s rozsahem 30 mA.

1. Při postupné výměně rotorů jako v předcházející úloze demonstrujeme při otáčení rotoru vznik stejnosměrného tepavého proudu v obvodu, závislost maximální hodnoty indukovaného proudu na počtu závitů, na frekvenci a na materiálu jádra rotoru.
 2. Vysuneme rotor z ložiska pólového nástavce a nasuneme rotor (kotvu) s vícelamelovým komutátorem (6 lamel). Při otáčení pozorujeme, že získáváme stejnosměrný proud s menším zvlněním než v případě 1. Ukazovatel koná kmity kolem určité výchylky
-

VYSVĚTLENÍ:

S rostoucím počtem závitů roste indukované napětí.

Při otáčení kotvy v magnetickém poli vzniká tepavé stejnosměrné napětí, jehož maximální hodnota závisí také na materiálu jádra kotvy.

Pozorujeme, že při rostoucí rychlosti otáčení rotoru roste indukované napětí.

Při použití vícelamelového komutátoru má získaný proud nižší zvlnění.

POZNÁMKY

TROJFÁZOVÝ GENERÁTOR

Vznik a vlastnosti trojfázových soustav, zapojování spotřebičů do trojfázových soustav napětí a proudů a vznik točivého magnetického pole demonstrujeme pomocí školní soupravy pro studium vlastností trojfázových proudů.

POMŮCKY:

trojfázový alternátor z ruské soupravy
příslušenství k alternátoru
3 demonstrační voltmetry 3 V, 30 V (obojí ss i stt)
demonstrační ampérmetr s rozsahem 3-0-3 mA
akumulátorová baterie 6 V
spojovací vodiče

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Pokus provedeme v několika krocích. Nejprve budeme generovat trojfázové napětí pomocí alternátoru s dvoupólovým rotorem, který tvoří elektromagnet.

Alternátor umístíme na skříňku a pomocí řemene připojíme pohonné zařízení. Do zdířek na základové desce statoru upevníme kartáčky a přitiskneme je ke sběracím kroužkům vinutí rotoru. Ke kartáčkům připojíme akumulátorovou baterii 6 V. Je-li vinutí v pořádku, rozsvítí se žárovka paralelně připojená k vinutí rotoru.

Na svorkovnici propojíme cívky alternátoru pomocí vodivých vidlic do hvězdy. K příslušným svorkám svorkovnice (společná svorka pro nulovací vodič, 3 svorky pro fázové vodiče) připojíme 3 demonstrační voltmetry s rozsahy 3 V=, zapojené rovněž do hvězdy.

Při rovnoměrném otáčení klikou demonstrujeme vznik trojfázového napětí. Okamžité hodnoty napětí se s časem periodicky mění.

VYSVĚTLENÍ:

Při otáčení rotoru trojfázového alternátoru vznikají na cívkách statoru střídavá napětí. Mají sinusový průběh a jsou vzhledem k sobě fázově posunuta o úhel 120° . Jednotlivá napětí mají stejnou efektivní hodnotu, která roste s otáčkami rotoru. Součet okamžitých hodnot fázových napětí je v každém okamžiku roven nule.

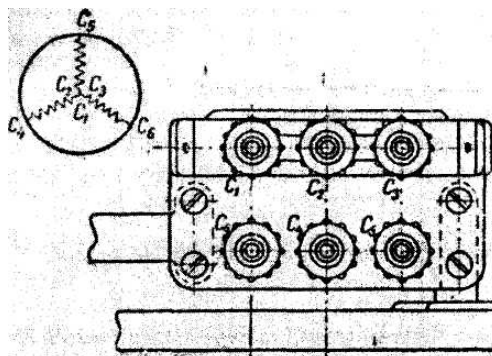
POZNÁMKY

Zapojení spotřebičů do trojfázových soustav střídavých napětí

ZAPOJENÍ SPOTŘEBIČŮ DO HVĚZDY

POMŮCKY:

trojfázový generátor s příslušenstvím
spojovací vodiče
miliampérmetr 30 mA
panel se žárovkami spojenými do hvězdy
jedna žárovka 2,5 V/0,1 A; a tři 2,5 V/0,3 A



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Propojíme vinutí cívek generátoru do hvězdy tak, že propojíme pomocí plíšků svorky, ke kterým jsou připojeny konce vinutí cívek (vodorovně jednu řadu svorek-viz obrázek). Postavíme čtyřvodičové vedení na dvou univerzálních stativcích. Do nulovací střední větve zapojíme miliampérmetr.

Otáčíme rotorem generátoru a srovnáváme jas žárovek v těchto případech:

- a) při užití tří žárovek stejného příkonu
- b) při užití dvou žárovek stejného příkonu (2,5 V/0,15 A) a jedné žárovky menšího příkonu (2,5 V/0,1 A)
- c) při užití dvou žárovek stejného příkonu (2,5 V/0,1 A) a jedné žárovky většího příkonu (2,5 V/0,15 A).

VYSVĚTLENÍ:

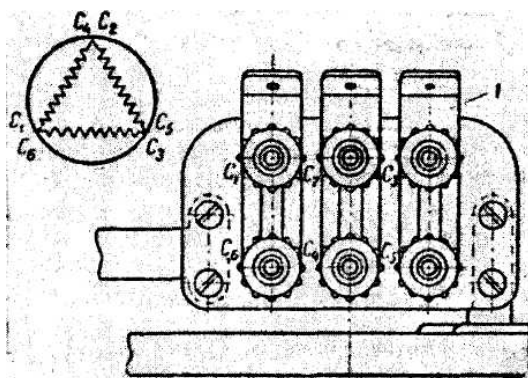
Není-li trojfázová soustava souměrně zatížená, prochází nulovacím vodičem proud.

POZNÁMKY

ZAPOJENÍ SPOTŘEBIČŮ DO TROJÚHELNÍKU

POMŮCKY:

trojfázový generátor s příslušenstvím
spojovací vodiče
panel se 3 stejnými žárovkami spojenými do trojúhelníku



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Vinutí generátoru spojíme do trojúhelníku tak, že spojíme vždy konec jedné cívky s počátkem další cívky pomocí můstků, jak ukazuje obrázek.

Z takto spojených zdířek vedeme proud třemi fázovými vodiči do panelu zapojeného do trojúhelníku.

VYSVĚTLENÍ:

Při zapojení do trojúhelníku vedeme proud ke spotřebičům třemi vodiči, přičemž dbáme, aby zatížení všech fází bylo rovnoměrné.

POZNÁMKY