

Levitron

K. Patková, O. Lesnoy

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19, Praha 1

patkokat@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Levitace. Fascinující jev ve volné přírodě neviděný, avšak v zábavním průmyslu často zmiňovaný. Levitace ovládla již mnoho sci-fi filmů a zachvátila nemalé publikum. Dříve se to zdálo nemožné, ale pak přišel muž, který obavy zbořil sestrojením levitronu. My jsme se pustili do stavby zjednodušeného levitronu a snažili se pochopit jeho princip.

1 Úvod

Po zimním semestru, ve kterém jsme se odvážně pustili do sestrojení Teslova transformátoru, jsme se rozhodli, že musíme publikum opět naším projektem zaujmout. Proto jsme si jako téma vybrali levitaci a sestavení levitronu. Levitace je velice dobře viditelným a atraktivním fyzikálním jevem, který dokáže fascinovat a zaujmout. Při přípravách jsme ovšem zjistili, že náš přístroj umožňující levitaci nemůže nést pojmenování levitron, protože pod pojmem levitron je patentované jinak stavěné zařízení. Z tohoto důvodu nese náš přístroj označení „levitron“.

2 Využití

Nejznámější využití známe u vlaků Maglev. Ty jsou položeny na magnetickém polštáři a levitují nad magnetickou dráhou. Magnety zajišťují jak sílu zvedací, tak pohonnou. Dalším, méně známým, využitím levitace je tavení kovů. Při vysoké frekvenci v řádu desítek kHz a výkonu v řádu kW je možné nechat levitovat malé množství kovu. Ten se díky vířivým proudům zahřeje až na teplotu tání. Mezi podstatná uplatnění magnetické levitace patří magnetická ložiska. Díky levitaci se minimalizuje mechanické opotřebení materiálu. Magnetická ložiska dělíme na aktivní a pasivní. Pasivních je využíváno méně. Jde totiž o konstrukci s permanentními magnety, která je mnohem složitější. Aktivní magnetická ložiska využívají elektrického proudu pouštěného do cívky a vytváření magnetického pole. Jako poslední bychom zmínili levitaci v řadě hraček a dekorací, kterými se začíná český trh plnit.

3 První myšlenky a překážky

První, kdo si položil otázku, zda je levitace možná, či nikoli, byl anglický matematik a fyzik Samuel Earnshaw. Ten levitaci popřel svým teorémem, v němž stálo: „Soubor bodových nábojů nemůže být udržován v pevně ustálené rovnovážné konfiguraci výhradně prostřednictvím elektrostatické interakce těchto nábojů.“ Tento teorém však mluví pouze o elektrostatice, do které se nevměšuje jiná síla. V roce 1983 si nechal Roy Harrigan patentovat levitující magnetickou káču, čehož dosáhl právě díky své nevědomosti o Earnshawově teorému. Jinak by se do dalšího bádání v poli levitace možná ani nepustil. Levitron dnešní podoby si později nechal patentovat William G. Hones. Roku 1985 sestavil Klaus Halbach soustavu permanentních magnetů, která pod sebou vytváří velice silné, nad sebou naopak slabé, magnetické pole. V roce 2000 si v USA nechal R. F. Post patentovat dopravní systém Inductrack, který funguje díky této soustavě.

4 Teorie

V základu máme dva magnety, jeden malý a jeden velký. Může jít jak o elektromagnety, magnetizovatelné materiály, tak i o permanentní magnety. Leží-li velký magnet ve spodu soustavy, tedy například na stole, levituje malý magnet nad ním. Magnety musí být vůči sobě orientovány souhlasnými póly, aby se odpuzovaly a mohly se tak vyrovnat gravitační a magnetická síla působící na malý magnet. Tímto jednoduchým principem dosáhneme levitace. Nicméně velkým problémem je právě udržení rovnovážné polohy, protože pro malý magnet je přirozené, že se chce dostat do takové polohy, aby se k většímu přitahoval. Tedy že má tendenci se převrátit a tím ukončit levitaci. Proto existuje mnoho druhů stabilizace. Mezi ty nejjednodušší, ale nejméně používané, patří mechanická zábrana. Mechanickou zábranou je myšleno například vložení malého magnetu do tubusu apod. Dále můžeme použít řízené regulační obvody, které upravují tok proudu do cívky a tím mění magnetické pole. Další možností je rotační stabilizace. Ta využívá momentu setrvačnosti malého magnetu, který je mu dodán roztočením. Magnet (káča) se potom chová jako setrvačník a koná precesní pohyb, díky němuž zůstává v rovnovážné poloze. Speciálním druhem stabilizace je použití supravodičů, které díky svému nulovému měrnému odporu odpuzují magnetické pole ze svého objemu. Díky této vlastnosti levitují v magnetickém poli přesně v poloze, do které jsou umístěny.

5 Rozdíl mezi levitronem a „levitronem“

Mezi patentovaným levitronem a naším „levitronem“ je několik podstatných rozdílů. Patentovaný levitron má větší magnet v podstavě a nad ním se točí magnetická káča. Magnety se tedy odpuzují a stabilizace je zajištěna rotací. Naš „levitron“ má rozdílnou konstrukci.

Cívka, do níž je puštěn proud, je v horní části soustavy a malý magnet levituje pod ní. Magnety se tedy musí navzájem přitahovat. Díky tomuto postavení nemá malý magnet tendenci sklouzávat po siločarách a opouštět svoji rovnovážnou pozici převrácením. Není tedy nutné, aby se točil. Stabilizace je zařízena pomocí řízeného regulačního obvodu, což v našem případě tvoří Hallův senzor. Jakmile se malý magnet příliš přiblíží k cívce, Hallův senzor to zaregistruje a změní napětí, čímž zmenší magnetické pole a malý magnet klesne. Stejný proces funguje obráceně při přechodu menšího magnetu níž, než je nastavená rovnovážná poloha. I když se nám tedy zdá, že malý magnet v klidu levituje, ve skutečnosti kmitá s vysokou frekvencí.

6 Součástky a sestavení našeho „levitronu“

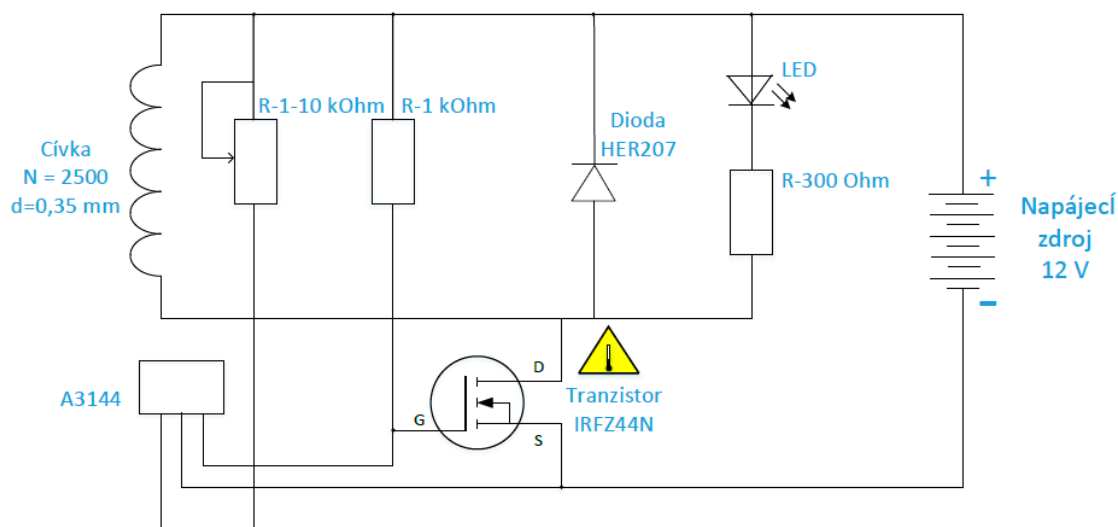
Tab. 1: součástky potřebné k sestavení našeho „levitronu“

Nº	Potřebné součástky	Značka, počet a délka
1	Drát pro cívku	d=0.35 mm N=2500 závitů
2	n-p tranzistor, (polární)	IRFZ44N, 1 kus
3	Zdroj napětí	12 vDC, 2A
4	Rezistor	1 kOm
5	Rezistor	300 Om
6	Nastavitelný rezistor	1-10 kOm
7	Radiátor	1 kus
8	Dioda	HER207
9	LED	3V, červený
10	Hallův senzor	A3144
11	Propiska pro obvod	d = 6 mm, l = 25 mm

Na obou koncích trupu plastového pera jsme vytvořili zakončení cívky z víček od pětilitrových plastových lahví. Na trup pera jsme následně navinuli 2500 závitů drátu. Ke koncům vinutí jsme připojili křemíkovou diodu pro rychlé demagnetizování cívky. Souběžně jsme zapojili LED diodu s rezistorem o odporu 300 Ω pro kontrolu fungování obvodu. Do dutého jádra cívky jsme vsunuli Hallův senzor A3144 s jednou aktivní stranou, kterou jsme nasměrovali dolů. Pro zjištění aktivní strany senzoru jsme použili datasheet. Hallův senzor má tři výstupy: plus, mínus a signální. První výstup jsme připojili pro regulaci citlivosti samotného senzoru přes nastavitelný rezistor k plusu zdroje. Druhý výstup jsme upevnili k mínusu zdroje. Třetí, signální, výstup jsme připojili k bráně tranzistoru IRFZ44N.

Od plusu k bráně tranzistoru jsme také dali napětí přes rezistor s hodnotou 1 k Ω . Po sestrojení tohoto obvodu a připojení naší cívky jsme zapnuli zdroj o napětí 12 V. V tu chvíli se rozsvítila LED dioda. Ze strany, na které se nachází Hallův senzor, jsme začali k cívce přibližovat neodymový magnet, a to do té doby, než LED zhasla. Tím jsme díky nastavitelnému rezistoru našli rovnovážnou pozici pro náš magnet. Tedy místo, ve kterém levitoval. LED dioda začala blikat s vysokou frekvencí. (Hallův senzor totiž udržoval magnet v rovnovážné pozici.)

Obr. 1: Schéma zapojení „levitronu“



7 Závěr

Podařilo se nám sestrojit funkční „levitron“ a díky potřebné přípravě jsme pochopili princip fungování levitace, takže tento projekt můžeme považovat za úspěšný.

Reference

- [1] <http://fyzmatik.pise.cz/1521-magneticka-levitace.html>
- [2] https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetick%C3%A1_levitace
- [3] <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/nove-moznosti-magneticke-levitace-v-doprave--14291>
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/Maglev>
- [5] S. Škytová, F. Boháč, Š. Keckes, M. Nešvera, Magnetická levitace
<http://fyzsem.fjfi.cvut.cz/2013-2014/Zima13/proc/levitron.pdf>