

KOLMAS VAATUS – ELEKTRONIDE GÜMNASTIKA “VEDRUDEL”

Ehitame arvutisse sobiva retrohõngulise nivooindikaatori

VELJO SINIVEE

Pöörame sedapuhku selja eelmiste lugude nohustele ja tilkuvatele torudele ning uurime veel üht huvitavat elektronikaskeemide komponenti – induktiivpooli. Elemendi skeemisümbol on hästi õnnestunud, sest seostub detaili omadusega – võimega voolu muutust endas takistada. Natuke nagu vedru: nii sümbol kui ka omadused.

Takistatakse just muutust ennast, mitte niivõrd voolu, kuigi ka igal induktiivpoolil on mingi elektritakistus. Antud juhul see meid väga ei huvita, kuid on hea teada, et suurust nimetatakse aktiivtakistuseks. Induktiivpooli huvitavad omadused on põhjustatud asjaolust, et vooluga juhe tekitab alati enda ümber magnetvälja ning muutuv magnetväli indutseerib omakorda samas juhis vastupidise pinget (elektromotoorjõud on peenem väljend), mis töötab muutustele vastu nagu tubli, kuid konservatiivne linnakodanik. Pinge sisse- või väljalülitamisel on muutus alati garanteeritud! Magnetvoo Φ kaudu on antud ka induktiivsuse definitsioon:

$$L = \frac{\Phi}{i}$$

INDUKTIIVSUS

Tähistatakse tähega L, seda Vene füüsiku, Tartus sündinud ja samas ka ülikoolis õppinud Heinrich Lenzi (1804–1865) auks. Nagu eelmistes lugudes märkasime, on ühik ise tihti hoopis teisest ooperist. Nii ka sedapuhku – suurust mõõdetakse henrides (H) USA füüsiku Joseph Henry (1797–1878) meenutamiseks. Induktiivsus 1 H on juhul, mis tekitab temast 1 A suuruse voolu läbimisel magnetvoo 1 Wb (weber). See ühik on tuletatud Saksa füüsiku, peamiselt elektrit ja magnetismi uurinud Wilhelm Weberi (1804–1891) nimest.

1 henri on suhteliselt suur induktiivsus. Raadiosageduslikes skeemides kasutatakse pigem mikrohenride ($1\mu\text{H} = 10^{-6}\text{H}$) suurusjärgus poolikesi. Induktiivsus sõltub keerdude arvust, kuid ka alusest, millele traat mähitud. Suure magnetilise läbitavusega materjalist, näiteks rauast ja terasest südamik suurendab induktiivsust märgatavalt. Sellist alust kasutavaid induktiivpoole nimetatakse ka drosseliks või maakeeli paispoolideks. Skeemi-

tähis on ka natuke teistsugune (vt skeemitähiste joonist).

Muide, igal juhtmel on mingi induktiivsus. Enamikus skeemides on see piisavalt väike, et mitte arvestada. Kõrgsageduslikes seadistes võib aga sobiva mõõduga ühendusjuhtmetest (trükkplaadi rajast) teha hoopis induktiivpooli. Tihti nii toimitaksegi.

Kuigi valemities pole otseselt sees traadi läbimõõtu, on ka see parameeter oluline, kuna piirab voolu, mida elemendist läbi kütta saab. Jämedamal traadil on väiksem takistus ja seepärast on ka võimsamate trafode mähised paksema “voolikuga” mähitud.

Ühendades induktiivpooliga paralleelselt kondensaatori, saame võnkeringi. Selline on iga raadio ja teleka sisendis ja võimaldab sadade eetris levivate signaalide seast valida välja lemmikjaama. Kirjeldatud võnkeringi takistus on maksimaalne sagedusel, millele ta häälestatud. See on resonantssagedus. Muudel sagedustel on takistus väike ja signaal summutatakse ära ehk lühistatakse. Induktiivpooli takistust vahelduvvoolule nimetatakse reaktiivtakistuseks, tähis X_L . Kuigi ühikuks on siin samuti oom, ei saa seda tavalise testriga mõõta. Suurus sõltub sagedusest f : $X_L = 2\pi fL$

Induktiivpooli reaktiivtakistus leiab rakendust peale raadiovastuvõtjate sisendahelate ka näiteks toiteploki väljundpinge silumiseks. Sobivalt valitud induktiivsus takistab pulsatsiooni jõudmist ploki väljundisse, kuid alalispinget ei takista (hüva, alalistakistus küll jääb, kuid sellest viilime hetkel mööda). Just see, mida vaja!

Kasutades asjaolu, et reaktiivtakistus sõltub induktiivsusest ehk teisisõnu

INDUKTIIVPOOLE



Autotrafo ehk induktiivpool, mille ühe väljaviigu asukoht ja seega ka pingetemal on muudetav.



Selle "seinaadapteri" sees on samuti trafo. Lisaks alaldussild 4-st diodist ja pinget siluv elektrolüüt-kondensaator. Kuigi kirjade järgi peaks väljundis olema pinget 12V, näitab tester 17V kanti. Ilma koormuseta peabki nii olema, sest 12V on efektiivväärtus, koormuseta mõõdamise aja amplituudväärtuse, mis on eelnevast 1,4 (SQRT 2) korda suurem.



Kaks releed ühes kestas. NB! Mähised peavad olema pingestatud ühte pidi, muidu tekkivad magnetväljad kompenseerivad teineteist ja kontaktid ei tõmbu.



Kõrgsageduslik rele.



Solenoidi töö füüsika-praktikumis. Sisuliselt on see kaadervärk südamikuta trafo, mille mähised on teineteise suhtes nihutatavad. Mida näitab voltmeter teise mähise küljes, kui suuremale mähisele lülitada alalispinge allikas?



See autorelee suudab lülitada kuni 30A suurust voolu, nt veeboilerit või auto tulesid.



Muudetava induktiivsusega pool raadio vahesagedusvõimendist

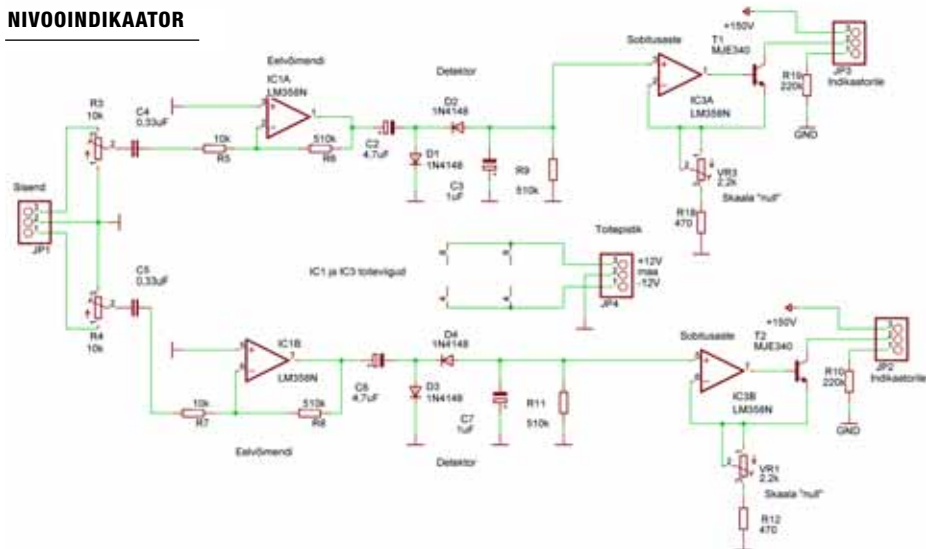
keer-zdude arvust, saab näiteks elektri-keevituses vähendada kaare voolu, mähkides elektrodini minevat juhett keevitustrafo ümber. Keevitusaagregaadi väljundis on küll alaldi läbinud pinge, kuid see ei tee temast kindlasti mitte alalispinget, mille korral pinge pidevalt ühesugune, sest särakas karbi väljundis muutub pidevalt nullist maksimumini! Ehk oleks parem nimetus pulseeriv alalispinge?

Induktiivpoolile on omane nähtus nimega eneseinduktsioon. Poolilt pinget lahti ühendades indutseeritakse elemendi otstel pinge (takistamaks voolu muutumist, antud juhul kahanemist). Mõnikord isegi nii suur, et võib lülitava elemendi maha põletada, kui kaitsedioid puudub. Teinekord on indutseeritud pingest kasu ka: kineskoobiga pildikummutites tekitati niiviisi 25 kilovolti kineskoobi viimase anodi tarbeks. Välgu sõbrad tunnevad sellist kõrgepinge generaatorit *Tesla coil*'i nime all. Induktiivpool on kõigi tänapäevaste impulss-toiteallikate põhiline element.

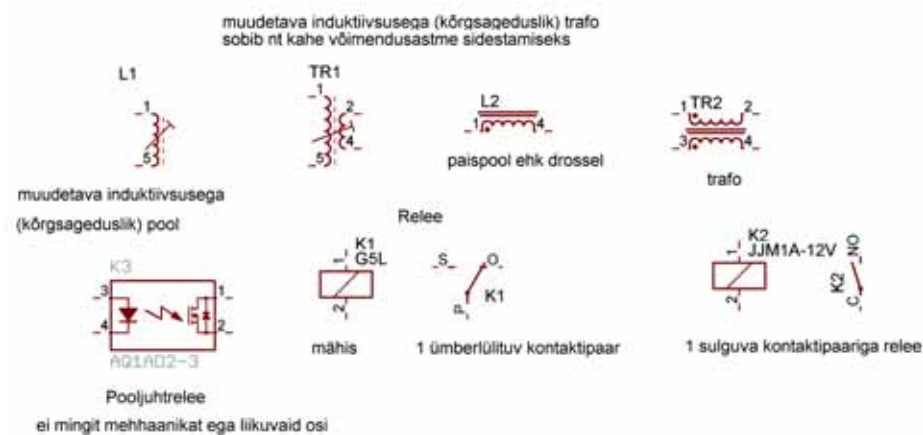
Automaatikaseadmetest tuttav element – relee – on samuti induktiivpool, kuid siin kasutatakse asjaolu, et iga pingestatud mähise ümber tekib magnetväli. Traadipusa läbiv suhteliselt nõrk vool tõmbab kokku suurt voolu juhtivaid klemme. Nii saame omamoodi vooluvõimendi. Näiteks auto starteris lülitatakse paariamprise juhtvooluga sisse elektrimootor, mis võib paukuvana pakasega tarbida isegi 200 amprit! Relee mähisega paralleelselt tuleb kindlasti ühendada kaitsedioid, mis laseb mähises voolu katkestamisel eneseinduktsiooni tõttu tekkiva kõrgepingelise virgutava säraka sumbuda mähises eneses, mitte aga lülitavas transistoris. Muide, sõna relee tuleb prantsuse keelest, ja tähendas algselt väsinud hobuste puhanute vastu vahtamise kohta, postijaama. Musketäride lugude kanglastele väga vajalik paik!

Kui mähime kaks traati ühele alusele, saame trafo. Võib-olla mõni lugeja mäletab veel kooli füüsikatunnist udust juttu vastastikusel induktiivsusest. Trafos seda nähtust kasutatakse. Trafo ülekannet on võrdeline mähiste keerdude arvude jagatisega. Ülekandetegur $K = 10$ tähendab vooluvõrku ühendatud trafo puhul, et saame sekundaarmähisest pin-

NIVOOINDIKAATOR



SKEEMITÄHISED



ge 230V/10 = 23 V. Võrku ühendatud mähist on kombeks kutsuda primaarmähiseks. Aga ... kui anname sekundaarmähisele 23 volti, kas siis saab primaarmähisele 230 volti tagasi? Jah, saab küll. Loomulikult peab olema tegu vahelduvpingega: ühendades sama trafo sekundaari kas või autoakuga (alalispinge!), ei saa me mitte 12 V x 10 = 120 V, vaid suitsupilve!

MINGI SKEEM PEAB KA OLEMA...

Kindlasti annab kirjeldatud elementidega mõne huvitava asja teha. Nuputasin just, millise nimelt, kui kolikambris so-

rides sattus kätte nõukaaegne gaaslahendusindikaator IN-13. Sellest saaks ju teha nivooindikaatori arvutile või võimendile! Ja kõik seni kirjeldatud jupid kenasti kasutusel. Skeem ise pärineb netiaadressilt: http://m.bareille.free.fr/vu-in13/vumeter_in13.htm.

Tasub mees pidada, et 150 volti on päris ohtlik pinge ja nõuab skeemis tegutsemisel tähelepanu. Tesla trafod, tegelikult paispoolid, on muidugi veelgi ohtlikumad. Vähimigi vale liigutus võib vabalt jääda viimaseks. Olge siis ettevaatlikud...

Head tinutamist! ■

LOE VEEL

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Inductance> induktiivpooli teooria;
- http://www.allaboutcircuits.com/vol_2/chpt_3/2.html veel teooriat, mõned praktilised arvutusvalemid;
- http://www.colomar.com/Shavano/inductor_info.html
- <http://www.coilgun.info/mark2/inductorsim.htm> eriti mugav Java põhine drosselite kalkulaator, ütleb ka mähis-traadi vajaliku jämeduse;
- <http://www.kpsec.freeuk.com/components/relay.htm> releede valimise ja ühendamise juhendid;
- <http://www.eskimo.com/~billb/tesla/tesla.html> Tesla "vedrude" lingikogu;
- http://m.bareille.free.fr/vu-in13/vumeter_in13.htm nivooindikaatori originaalskeem;
- http://www.oomipood.ee/index.php?t=k_o&otsi=that2252 skeemis kasutatava erimikroskeemi saab siit.

AUTORIST

VELJO SINIVEE (1964) töötab Tallinna Tehnikaülikooli füüsikainstituudis elektroonikuna. Huvialadeks elektroonika, koodi kirjutamine mikrokontrolleritele, ning akvaristika.
E-aadress: felch@staff.ttu.ee.
Koduleht: <http://parsek.yf.ttu.ee/~felc/>