

10. Loeng – Pingemuundur

IRO0060 Infosüsteemide elektriseadmed
Ivo Mürsepp

Probleem

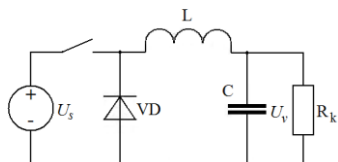
- Sülearvuti toiteploki väljundpinge $U_v = 19V$
 - Protsessori toitepinge $U = 3,3V$ ja võimsustarve $P = 30W$
 - Mõlemad on alalispinged, kuidas realiseerida toitelahendus?
- Pingejaguriga
 - Lineaarstabilisaatoriga
 - **DC-DC muundur impulsstehtnikas!**



6.11.2015

Pinget madaldav muundur

- Buck converter
- Väljundpinge on sisendpingest madalam
- Kasutatakse juhul, kui koormus vajab olemasolevast alalispingest madalamat toitepinget ning oluline on suur kasutegur.



6.11.2015

Lihtsustatud käsitlus

- Muundur töötab püsivas režiimis
- Sisend- ja väljundpinge on konstantsed
- Väljundkondensaator C on piisavalt suure mahtuvusega
- Induktiivsus L on kaovaba ja lineaarne
- Lülitid on ideaalsed – kao ja pingelanguvad.

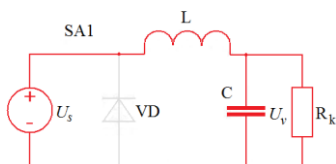


6.11.2015

Suletud lüliti

- Lüliti sulgemisel ei lase induktiivsus L voolul järsult kasvada
- Seos pooli otstel oleva pinge U_L ja pooli läbiva voolu i_L vahel on

$$U_L = L \frac{dI}{dt} \quad \Delta I_+ = \frac{1}{L} \int_0^{t_{sul}} U_L dt$$

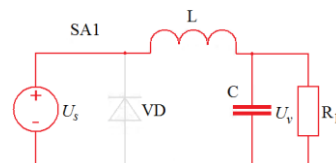


6.11.2015

Suletud lüliti II

- Suletud lüliti korral on pinge pooli otste vahel
- $$U_L = U_s - U_v$$
- Lüliti avanemise hetkeks t_{sul} on pooli läbiv vool suurenenud väärtuseni

$$\Delta I_+ = \frac{U_s - U_v}{L} t_{sul}$$

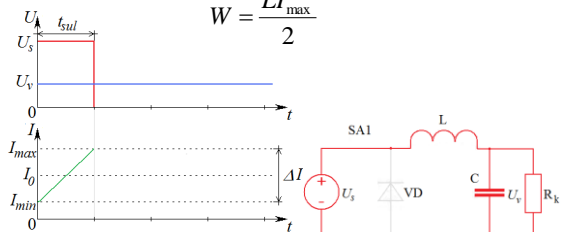


6.11.2015

Suletud lüliti III

- Lüliti avanemise hetkeks t_{sul} on pooli salvestunud magnetvälja energia

$$W = \frac{LI_{max}^2}{2}$$



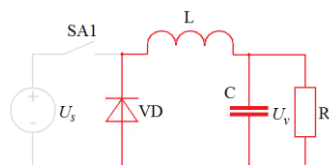
6.11.2015

Avatud lüliti

- Avatud lüliti korral on pingepooli otste vahel

$$U_L = -U_v$$

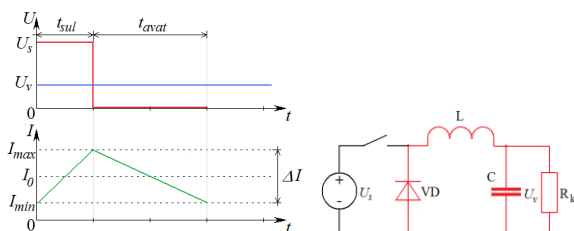
- Vastupidise pingemõjul avaneb diod VD ja pooli L salvestunud magnetvälja energia W kantakse tarbijasse



6.11.2015

Avatud lüliti II

$$\frac{dI}{dt} = \frac{-U_v}{L} \quad \Delta I_- = \frac{-U_v}{L} t_{avat}$$



6.11.2015

Pinget madaldav muundur

- Püsirežiimis töötades on iga tsükkli alguses ja lõpus elementidesse salvestunud energiakogused võrdsed. Seega on ka pooli läbiv vool tsükli alguses ning lõpus sama ja me võime kirjutada, et

$$\frac{U_s - U_v}{L} t_{sul} - \frac{U_v}{L} t_{avat} = 0$$

- Tähistame lüliti kaudu antavate impulsside täitegurit

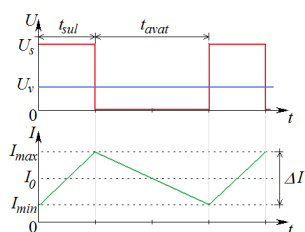
$$k_t = \frac{t_{sul}}{t_{sul} + t_{avat}} = \frac{t_{sul}}{T}$$

6.11.2015

Pinget madaldav muundur

$$(U_s - U_v)k_t T - U_v(1 - k_t)T = 0$$

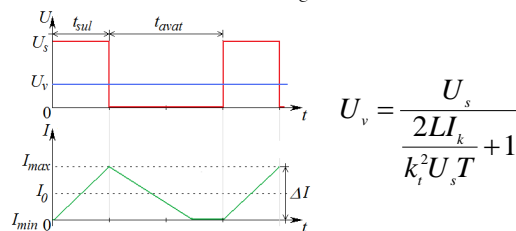
- Muunduri väljundpinge: $U_v = k_t U_s$



6.11.2015

Töö katkendlikus režiimis

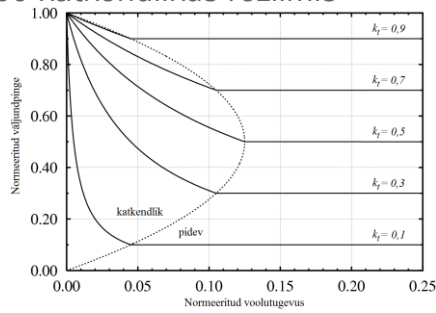
- Juhul kui pingemuundurist tarvitav vool langeb allapoole teatavat piiri tarvitakse induktiivsusesse salvestatud energia äre enne uue laadimistsükli algust.



$$U_v = \frac{U_s}{\frac{2LI_k}{k_t^2 U_s T} + 1}$$

6.11.2015

Töö katkendlikus režiimis



Joonis: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buck_continuous_discontinuous.png

6.11.2015

Pingemuundur

- Töösageduse valik:
 - Mida suurem sagedus, seda
 - Väiksemate mõõtmetega komponendid (suurem W/cm^3)
 - Lühem reaktsiooniaeg
 - Keerukam analüüs
 - Madalam kasutegur
 - Laiaribalised häired
- Tüüpiline töösagedus
 - 20 kHz
 - 80...100kHz
 - 1 MHz



6.11.2015

Pinget tõstev muundur

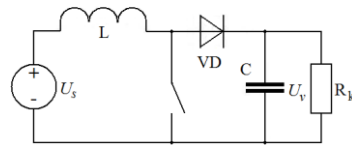


Foto: <http://www.treehugger.com/files/2009/01/2010-toyota-prius-hybrid-specifications-price-detroit-2009.php>

6.11.2015

Pinget tõstev muundur

- Boost converter
- Väljundpinge on sisendpingest kõrgem
- Kasutatakse juhul, kui koormus vajab olemasolevast suuremat pinget.



6.11.2015

Suletud lüliti

- Suletud lüliti korral langeb poolile kogu sisendpinge U_s
- Voolu kasvukiirus poolis on

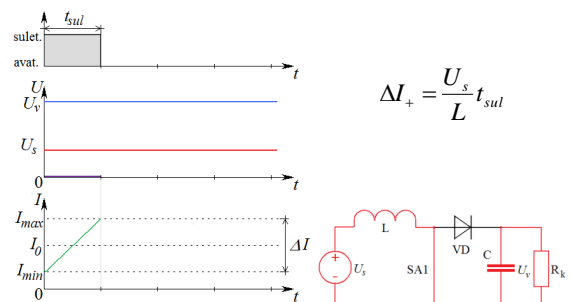
$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_s}{L}$$
- Voolu muutus lüliti suletud oleku aja t_{sul} jooksul on

$$\Delta I_+ = \frac{U_s}{L} t_{sul}$$



6.11.2015

Suletud lüliti II



6.11.2015

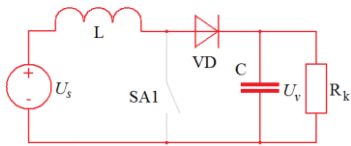
Avatud lüliti

- Avatud lüliti korral on pingepooli otste vahel $U_s - U_v$
- Voolu kahanemise kiirus poolis on

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_s - U_v}{L}$$

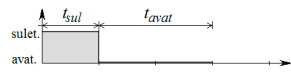
- Voolu muutus lüliti avatud oleku aja t_{avat} jooksul on

$$\Delta I_- = \frac{U_s - U_v}{L} t_{avat}$$

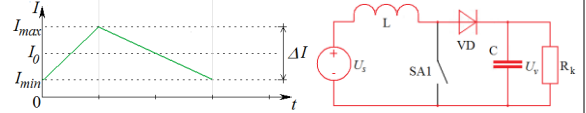


6.11.2015

Avatud lüliti



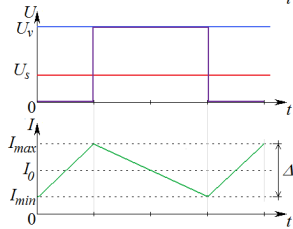
$$\Delta I_- = \frac{U_s - U_v}{L} t_{avat}$$



6.11.2015

Pinget tõstev muundur

$$\frac{U_s}{L} t_{sul} + \frac{U_s - U_v}{L} t_{avat} = 0$$



$$U_v = \frac{U_s}{1 - k_t}$$

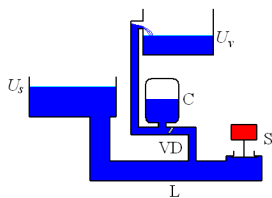
6.11.2015

Vesioinas



6.11.2015

Vesioinas - tööpõhimõte

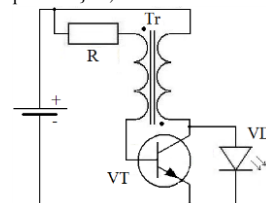


<http://www.youtube.com/watch?v=l3SaNhz8dQ4&feature=related>

6.11.2015

Dzaulivaras

- *Joule thief*
- Lihtne pinget tõstev impulssmuundur.
- Võimaldab tühjenenud patareidesse salvestatud energiat kasutada. Samuti sobib madalapingeliste allikate energia kasutamiseks (näiteks päikesepatareid jms)

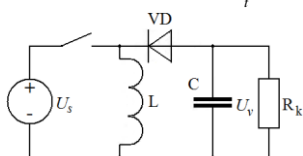


6.11.2015

Vastandpolaarsusega pingemuundur

- Buck-Boost converter
- Väljundpinge võib olla sisendpingest suurem või väiksem
- Väljundpinge polaarsus on vastupidine sisendpinge omale
- Muunduri väljundpinge

$$U_v = \frac{-k_t U_s}{1 - k_t}$$

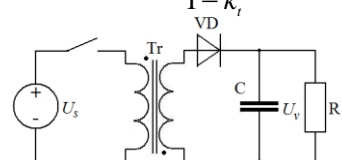


6.11.2015

Muundur vastulülituses diodiga

- Flyback converter
- Võimaldab saada sisendpingest madalamat ja kõrgemat väljundpinget
- Eeliseks väljundi galvaaniline lahtisidustus sisendist (ohutus)
- Väljundpinge:

$$U_v = \frac{k_t U_s k_{tr}}{1 - k_t}$$



6.11.2015

Kaitselülitus

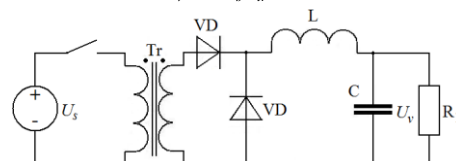
- Snubber circuit
- Kaitseb lülituselementi ülepingeimpulsside eest:
 - RC lülitus
 - RCD lülitus
 - Zenerdiodiga lülitus

Foto: http://www.filmcapacitor-st.com/prod_pics.htm

6.11.2015

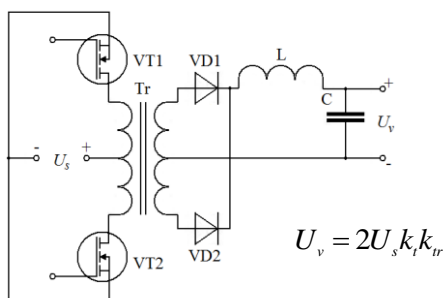
Muundur pärilülituses diodiga

- Forward converter
- Samad eelised, mis vastulülituses diodiga muunduril.
- Energiaülekanne toimub pidevalt
- Väljundpinge: $U_v = U_s k_{tr}$



6.11.2015

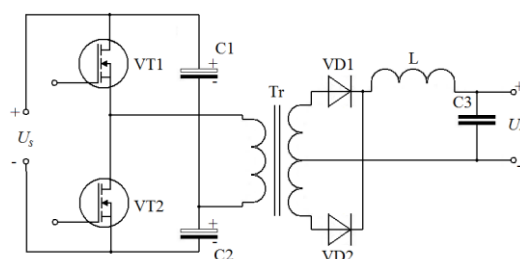
Kahetaktilised muundurid



$$U_v = 2U_s k_t k_{tr}$$

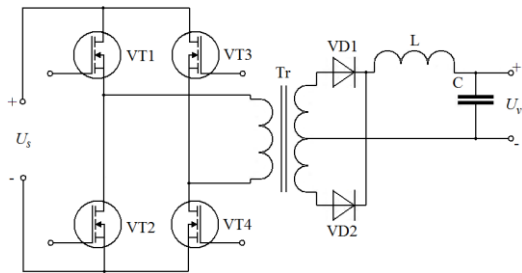
6.11.2015

Kunstliku maaga kahetaktiline muundur



6.11.2015

Sildlülituses muundur



6.11.2015

Kokkuvõte

- DC-DC pingemuundurid
 - Pinget langetav muundur
 - Pinget tõstev muundur
 - Polaarsust muutev muundur
- Traafoga pingemuundurid
 - Vastulülitatud diodiga pingemuundur
 - Pärilülitatud diodiga pingemuundur
- Kahetaktilised muundurid

6.11.2015

Täiendavaid materjale

- Lembit Abo. **Raadiolülitused**. Valgus. Tallinn 1990. Pingemuundurid. lk 505 – 517
- ON Semiconductor™. **Linear & Switching Voltage Regulator Handbook**. Rev. 4, Veebruar 2002. lk 39-58
- Peep Martverk. **Elektritoiteseadmed**. TTÜ kirjastus, Tallinn 1998. 6. ptk. Alalispinge muundurid. lk 99-108.

6.11.2015

Küsimused



6.11.2015