

DISAIN SWITCHING POWER SUPPLIES

Rustamaji

Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional

Jl. P.H. Mustofa 23 Bandung Tlp : (022)7272215

e-mail : rustamaji@itenas.ac.id

ABSTRAK

Regulator switching (*Switching power supplies*) banyak digunakan karena efisiensi daya tinggi, ada 3 konsep dasar regulator switching, yaitu Step down converter, Step up converter, dan Voltage inverter dimana ketiganya memanfaatkan *switching techniques* untuk regulasi tegangan keluaran

Untuk pengaturan kecepatan switching pada regulasi tegangan digunakan teknik modulasi PWM (pulse width modulation).

PENDAHULUAN.

Pada saat ini catu daya dengan regulator switching (*Switching power supplies*) menjadi sangat populer dan banyak digunakan oleh pemakai *power supply*. *Switching power supplies* memanfaatkan *switching techniques* sehingga menghasilkan efisiensi daya yang tinggi, mempunyai ukuran dan berat relatif lebih ringan, dan juga dapat menyediakan tegangan output yang lebih tinggi atau lebih rendah dari pada tegangan input.

Kerugian dari *Switching power supplies* adalah rangkaian cenderung kompleks, menggunakan komponen luar dan membangkitkan EMI (*elektromagnetik interference*). *Switching power supplies* banyak digunakan di industri, terutama bila ukuran dan efisiensi sangat penting.

Ada 3 konsep dasar regulator switching, yaitu Step down converter, Step up converter, dan Voltage inverter. Semua regulator switching akan menyimpan energi selama perioda “on” dari switch, dimana ketiganya menggunakan komponen : switch, dioda, dan kapasitor atau induktor untuk menyimpan energi.

REGULATOR SWITCHING.

Fungsi utama regulator tegangan adalah untuk memperoleh tegangan dc (*direct current*) murni pada keluaran catu daya, dimana besarnya tegangan dc keluaran dapat diatur sesuai kebutuhan beban.

Suatu faktor penting pada catu tegangan (*voltage supply*) adalah besarnya perubahan pada tegangan dc keluaran diatas jangkauan (range) operasi rangkaian, Tegangan keluaran dari catu daya akan turun bila dipasang beban, besarnya perubahan tegangan ini dinyatakan sebagai *Voltage Regulation* (pengaturan tegangan), dimana besarnya adalah :

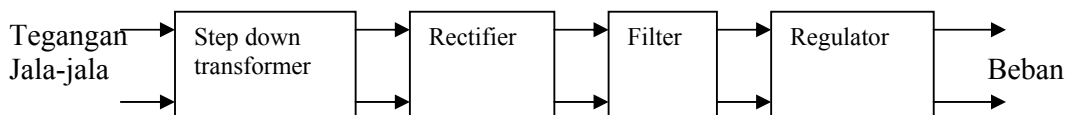
$$VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100 \%$$

Dimana VR : voltage regulation

V_{NL} : no load voltage (volt)

V_{FL} : full load voltage (volt)

Dengan regulator tegangan yang baik, diharapkan nilai tegangan keluaran catu daya tidak akan terpengaruh oleh perubahan beban R_L dan tegangan masukan V_{in} . Bila nilai VR



Gambar 1. Diagram blok catu daya lengkap.

semakin kecil, dikatakan rangkaian regulator tegangan mempunyai pengaturan tegangan yang baik.

Prinsip regulator switching, adalah digunakannya switch elektronik untuk regulasi tegangan keluaran.

Keuntungan :

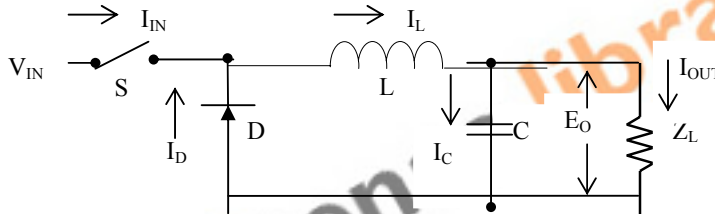
- Efisiensi tinggi
- Ukuran kecil
- Dapat menyediakan tegangan output lebih tinggi/ lebih rendah dari pada tegangan input

Kerugian :

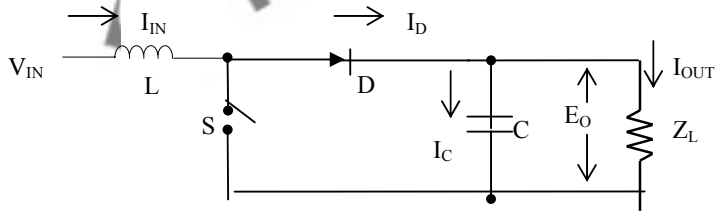
- Rangkaian lebih kompleks
- Perlu komponen luar
- Membangkitkan EMI

Tiga konsep dasar regulator switching :

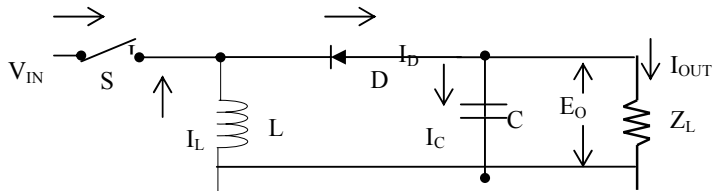
1. Step down converter (chopper converter/ buck converter)
 Termasuk forward converter. Energi di catu ke beban selama switch “on” dan energi akan disimpan pula pada L dan C selama switch “on”.
 Pada saat switch “off”, energi yang disimpan pada L akan dikeluarkan untuk mencatu beban.
2. Step-up converter
3. Voltage inverter
 Step-up converter dan Voltage inverter disebut juga flyback converter atau accumulation converter, karena energi pertama-tama akan disimpan pada induktor L selama switch “on” dan kemudian ditransfer ke beban Z_L dari induktor selama switch “off”.



Gambar 2. Step down converter (chopper converter/ buck converter).



Gambar 3. Step up converter



Gambar 4. Voltage inverter

MODE OPERASI REGULATOR SWITCHING.

Ada 2 mode operasi :

1. Discontinuous mode

Arus induktor nol selama bagian akhir tiap siklus. Selama “switch on” arus naik dari nol dan terjadi penyimpanan energi.

Kemudian pada “switch off”, energi yang disimpan ditransfer ke beban.

Pada saat “switch on”, arus pada L naik dari nol menuju harga puncak. Arus induktor mengalir dari input dan disimpan di L, sebesar : $E_{\text{peak}} = LI_{\text{peak}}^2 / 2$.

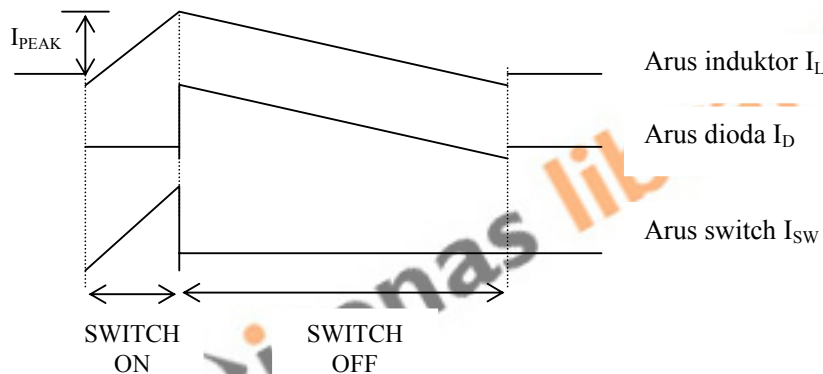
Pada saat “switch off”, tegangan induktor reverse dan energi yang disimpan pada L memaksa arus mengalir melalui dioda ke beban, arus L akan turun secara linear menuju nol.

2. Continuous mode

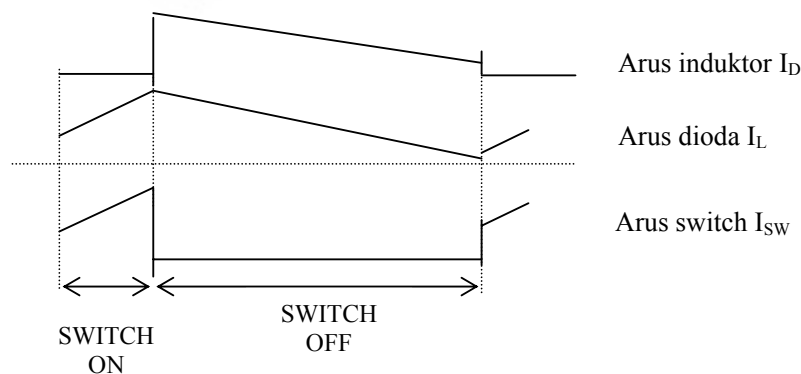
Arus induktor L tidak akan pernah mencapai nilai nol, selama semua bagian siklus switching.

Selama switch “on”, arus induksi I_L naik dari harga awal (mula) hingga mencapai harga tertinggi. Arus I_L diambil dari sumber input.

Selama switch “off”, dioda konduksi menyebabkan energi mengalir ke beban, arus pada dioda I_D tidak pernah mencapai “nol”.



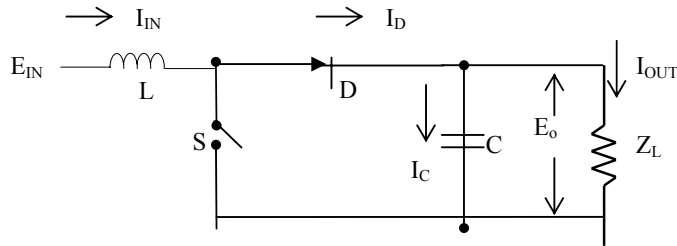
Gambar 5. Discontinuous mode



Gambar 6. Continuous mode

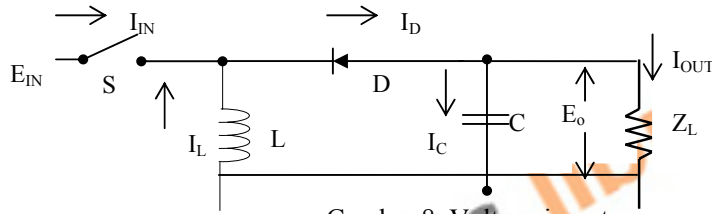
**PRINSIP KERJA / OPERASI
REGULATOR SWITCHING.**

Step up converter :



Gambar 7. Step-up converter

Voltage inverter (flyback switching regulator) :



Gambar 8. Voltage inverter

Step-up Converter,

Dapat memberikan E_O yang lebih besar dari pada E_{IN} (Boost Switching Regulator).
 Pada keadaan “switch on”, tegangan E_{IN} terpasang pada induktor daya L, sedangkan dioda reverse bias oleh E_O . Energi ditransfer dari V_{IN} ke induktor daya L.
 Pada keadaan “switch off”, energi tersimpan pada L menginduksikan tegangan sehingga dioda konduksi dan energi pada L akan ditransfer ke beban via dioda.
 Pada keadaan “switch on” selain ada transfer energi dari L (yang tersimpan) juga transfer energi langsung dari E_{IN} , sehingga tegangan input lebih besar atau seolah-olah diperkuat / boost.

Voltage inverter (flyback switching regulator)

Pada keadaan “switch on”, tegangan E_{IN} terpasang pada induktor L, arus I_L yang melewati L naik secara linear hingga mencapai arus puncak I_p .

$$I_p = (E_{IN} \cdot t_T) / L$$

dan energi yang disimpan pada L adalah sebesar

$$W = (L \cdot I_p^2) / 2$$

Pada keadaan “switch off”, tegangan pada L memaksa dioda konduksi dan arus mengalir melewati dioda ke beban; semua energi yang disimpan di L akan turun menuju nol secara linear, seperti persamaan

$$I_p = (E_O \cdot t_D) / L$$

Energi yang ditransfer ke beban sebesar :

$$P_{OUT} = E_O \times I_{OUT} = (L I_p^2 \cdot f) / 2$$

Hubungan antara E_O dan V_{IN} adalah :

$$E_O / E_{IN} = t_T / t_D$$

Arus output dc, I_{OUT} sebesar :

$$I_{OUT} = (I_p/2) \cdot (t_D/\tau) = (I_p/2) \cdot t_D \cdot f$$

Dari persamaan terlihat, tegangan keluaran dapat diregulasi dengan mengoperasikan pada frekuensi yang tetap (fixed) dan mengubah-ubah waktu on dari switch, t_T . Jadi dengan mengatur waktu switch (switching time) on-off akan dapat diregulasi (diatur) tegangan keluaran dc pada beban.

Rangkaian switch, berupa switch elektronik diatur switching time-nya oleh pulsa-pulsa keluaran PWM (Pulse Width Modulator) yang sebanding dengan besarnya perubahan tegangan keluaran E_O .

Bila tegangan dc keluaran berubah, maka lebar pulsa keluaran PWM berubah pula sehingga switching time ikut berubah.

RANGKAIAN REGULATOR SWITCHING YANG DIKONTROL OLEH PULSA-PULSA PWM.

PWM : Pulse Width Modulation (modulasi lebar pulsa), adalah jenis modulasi, dimana dengan adanya modulasi, lebar pulsa keluaran modulator berubah-ubah sebanding dengan besarnya tegangan sinyal pemodulasi.

Apabila tegangan pemodulasi naik, maka lebar pulsa keluaran menyempit (frekuensi membesar).

Bila tegangan output E_O berubah, maka lebar pulsa keluaran PWM akan berubah sesuai besar tegangan masukan.

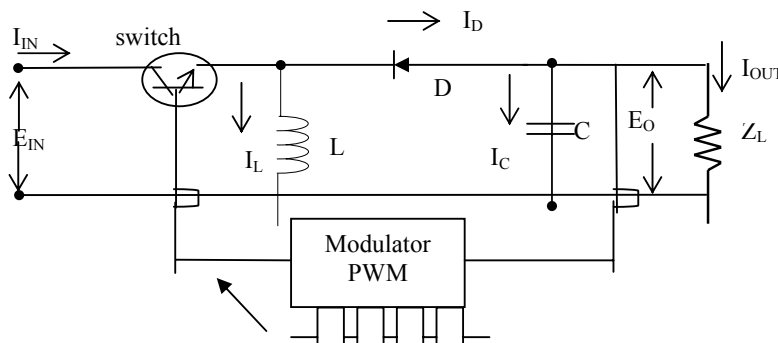
Karena lebar pulsa berubah, maka switching time akan berubah pula sehingga tegangan akan teregulasi (menuju tegangan konstan/ fixed).

PENUTUP.

- Terdapat tiga konsep dasar yang dapat digunakan untuk mendisain regulator switching
- Dengan rangkaian regulator switching, dimana switching time-nya dikontrol oleh pulsa-pulsa dihasilkan oleh modulator PWM, dapat dihasilkan tegangan dc yang stabil sesuai dengan kebutuhan beban.

Referensi.

1. Jack Smith, "Modern Communication Circuit", Mc Graw Hill.
2. Krauss, C.W. Bostian and F.H. Raab, "Solid State Radio Engineering", John Wiley & Sons.
3. P. Hoenboom, "Data Sheet Boek 3", Uitgeversmaatschappij Elektuur B.V, Beek L, Netherlands



Gambar 9. Rangkaian regulator switching yang dikontrol oleh pulsa PWM.