

## Pemodelan Inverter Satu Phasa *Single Pulse Width Modulation*

Yusran<sup>1</sup>, Mochamad Ashari<sup>2</sup>, dan Adi Soeprijanto<sup>2</sup>

1. PPs Teknik Elektro ITS (Dosen Teknik Elektro Unhas), Surabaya

2. Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya

**Kontak Person:**

Yusran

Jl. Keputih Utara Gang Buntu No 22 Sukolilo

Surabaya, 60111

Telp: 08124181907, E-mail: yusranibnu@yahoo.com, yusran@elect-eng.its.ac.id

### **Abstrak**

*Inverter adalah salahsatu peralatan konverter daya yang merubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Inverter dipakai secara luas dengan input yang bisa berupa baterai, unit DG (fuel cell dan solar cell) dan sumber dc yang lain. Paper ini membahas tentang pemodelan inverter satu phasa single pulse width modulation dengan menggunakan software PSIM. Tegangan output AC pada sisi beban yang dihasilkan sebesar 220 V dan nilai THD sebesar 0,33.*

**Kata kunci :** pemodelan, inverter, single pulse width modulation, psim.

### **Abstract**

*Inverter is one of power converter equipment that convert DC voltage to AC voltage. Inverter used widely with input can be battery, DG unit (fuel cell and solar cell) and other dc source. This paper describes about modelling of single phase inverter with single pulse width modulaton using PSIM software. Output voltage at load side is 220 V and THD value is 0,33.*

**Keywords:** modeling, inverter, single pulse width modulation, psim.

## **1 PENDAHULUAN**

Konverter yang merubah tegangan DC menjadi tegangan AC dikenal sebagai inverter. Fungsi inverter adalah merubah tegangan input dc menjadi tegangan output ac simetrik pada magnitudo dan frekuensi yang diinginkan. Inverter secara luas dipakai untuk aplikasi industri (misalnya pada *variable speed ac motor drives, induction heating, standby power supplies, uninterruptible power supplies*). Input inverter dapat berupa :

- baterai
- unit distributed generation (DG) seperti *fuel cell* dan *solar cell*
- sumber dc yang lain.

Inverter dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe yaitu : inverter satu phasa dan inverter tiga phasa. Output tipikal untuk satu phasa adalah 120 V pada frekuensi 60 Hz, 220 V pada 50 Hz dan 115 V pada 400 Hz. Untuk sistem tiga phasa daya besar, output tipikalnya adalah 220 V/380 V pada frekuensi 50 Hz, 120/208 V pada 60 Hz dan 115/200 V pada 400 Hz. Setiap tipe inverter tersebut dapat dikontrol

dengan *turned-on* dan *turned-off device* (misalnya: BJT, MOSFET, IGBT, MCT, SIT, GTO) atau *forced-commutated thyristor* yang tergantung pada aplikasinya.

Tegangan output inverter bisa tetap atau variabel pada sebuah frekuensi yang tetap atau variabel. Tegangan output variabel bisa didapatkan dengan mengubah tegangan input dc dan menjaga agar *gain inverter* tetap konstan yang dapat diperoleh melalui pemakaian kontrol pulse-width-modulation (PWM). *Inverter gain* ditentukan sebagai rasio antara tegangan output ac dan tegangan input dc. Jika tegangan input inverter dijaga tetap konstan maka inverter tersebut dikenal sebagai *voltage fed inverter* (VFI) dan *current fed inverter* (CFI) jika arus input inverter dijaga tetap konstan serta *variable dc linked inverter* jika tegangan input terkontrol.

Bentuk gelombang tegangan output dari inverter ideal seharusnya sinusoidal. Namun demikian, dalam prakteknya bentuk gelombang yang terjadi adalah non-sinusoidal dan mengandung harmonik tertentu. Untuk aplikasi daya rendah dan menengah, *square-wave* atau *quasi square wave* dapat diterima akan tetapi untuk aplikasi daya tinggi, memerlukan bentuk gelombang dengan distorsi rendah. Adanya divais semikonduktor kecepatan tinggi memungkinkan kandungan harmonik pada tegangan output dapat diminimalkan atau dikurangi secara signifikan dengan menggunakan teknik *switching*.

## 2 KONTROL TEGANGAN INVERTER SATU PHASA

Pengontrolan tegangan output inverter pada kebanyakan aplikasi industri, sering dibutuhkan untuk berbagai kebutuhan antara lain :

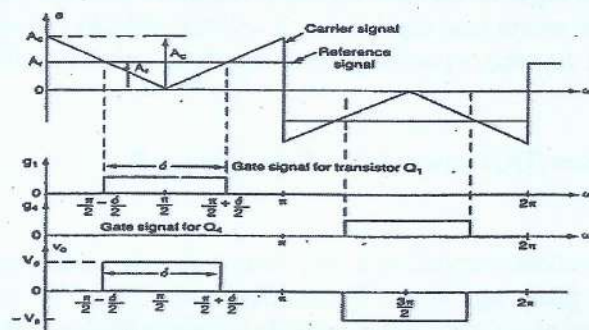
- untuk menghadapi variasi tegangan input dc
- untuk regulasi tegangan inverter
- untuk tegangan konstan/kebutuhan kontrol frekuensi

Ada beberapa teknik untuk *inverter gain* akan tetapi metode yang paling efisien untuk pengontrolan gain (dan tegangan output) adalah dengan menyertakan kontrol *pulse-width-modulation* (PWM) di dalam inverter. Teknik PWM yang paling umum digunakan adalah :

1. *Single-pulse-width modulation*
2. *Multiple-pulse-width modulation*
3. *Sinusoidal-pulse-width modulation*
4. *Modified sinusoidal pulse-width modulation*
5. *Phase-displacement control*

## 3 SINGLE PULSE WIDTH MODULATION

Pada teknik kontrol *single-pulse-width modulation*, hanya ada satu pulsa per setengah siklus dan lebar dari pulsa bervariasi untuk mengontrol tegangan output inverter. Gambar 1 memperlihatkan pembangkitan *gating signal* dan tegangan output dari *single phase full-bridge inverter*.



Gambar 1 Single pulse width modulation

## Pemodelan Inverter Satu Phasa *Single Pulse Width Modulation*

*Gating signal* dibangkitkan melalui perbandingan antara sinyal referensi amplitudo,  $A_r$  dengan sebuah *triangular carrier wave* amplitudo  $A_c$ . Frekuensi dari sinyal referensi menentukan frekuensi fundamental dari tegangan output. Dengan mengubah  $A_r$  dari 0 ke nilai  $A_c$ , lebar pulsa  $\delta$  dapat berubah dari 0 sampai dengan  $180^\circ$ . Rasio  $A_r$  terhadap  $A_c$  merupakan variabel kontrol dan ditetapkan sebagai *amplitudo modulation index*

$$M = \frac{A_r}{A_c} \quad (1)$$

Nilai tegangan rms untuk komponen fundamental didapatkan dari persamaan :

$$V_1 = \frac{4V_s \sin \frac{\delta}{2}}{\sqrt{2} \pi} \quad (2)$$

Tegangan output rms inverter didapatkan dari persamaan :

$$V_o = \left[ \frac{2}{2\pi} \int_{(\pi-\delta)/2}^{(\pi+\delta)/2} V_s^2 d(\omega t) \right]^{1/2} = V_s \sqrt{\frac{\delta}{\pi}} \quad (3)$$

Deret Fourier dari tegangan output akan menghasilkan

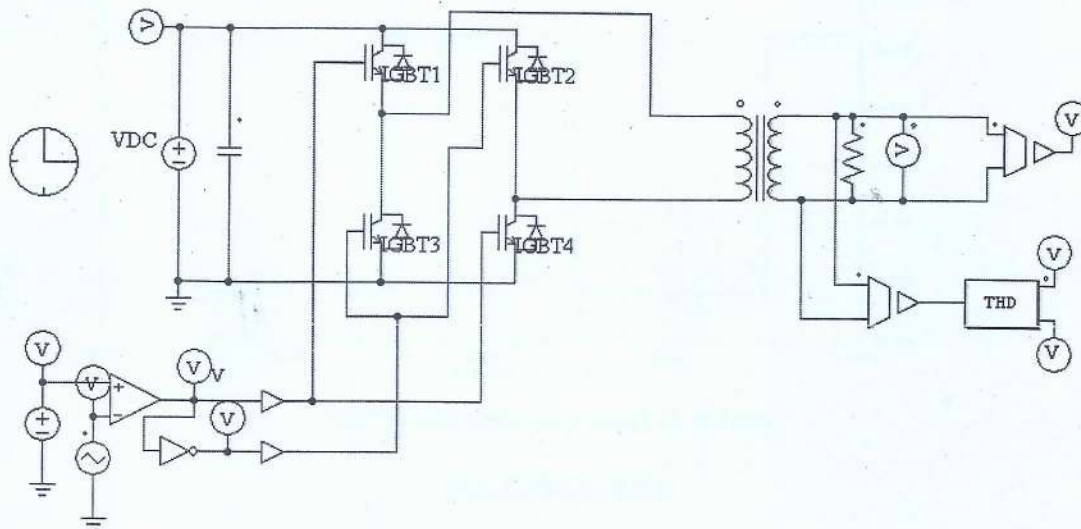
$$v_o(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_s \sin \frac{n\delta}{2}}{n\pi} \sin n\omega t \quad (4)$$

Total harmonic distortion (THD) didapatkan dari persamaan :

$$\text{THD} = \sqrt{\frac{V_{o-rms}^2}{V_{1-rms}^2} - 1} \quad (5)$$

### 4 MODEL SIMULASI INVERTER SINGLE PULSE WIDTH MODULATION

Gambar 2 memperlihatkan model rangkaian simulasi inverter single pulse width modulation dengan software PSIM.



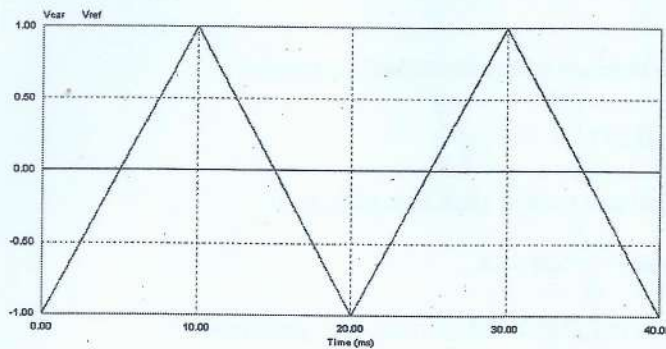
Gambar 2. Model rangkaian simulasi inverter single pulse width modulation

Tegangan sumber DC diasumsikan sebesar  $100 V_{DC}$  yang merupakan tegangan input ke inverter. Tegangan referensi berupa tegangan DC murni diset pada 0 V, sedangkan tegangan carrier (*triangular pulse*) diset pada tegangan peak to peak 2 V. Proses di inverter dengan menggunakan metode single

pulse width modulation akan menghasilkan tegangan output. Tegangan output inverter selanjutnya dinaikkan dengan menggunakan trafo untuk mendapatkan tegangan output pada sisi beban sebesar 220 V.

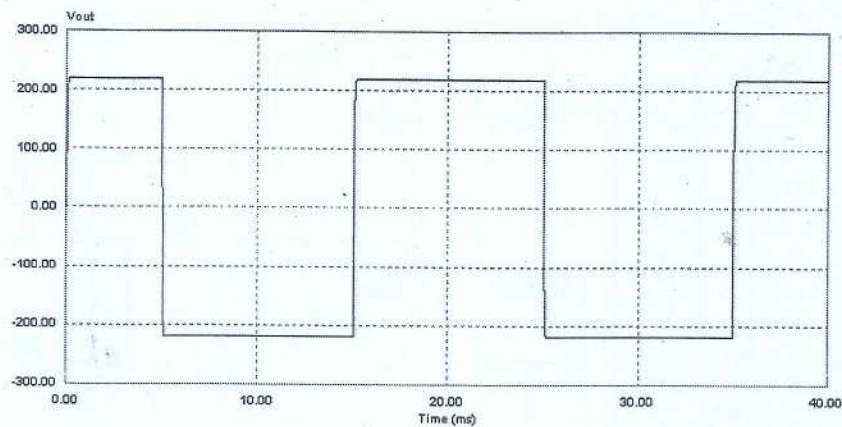
### 5 HASIL DAN ANALISIS

Tegangan carrier dan tegangan referensi saling diperpotongkan, sehingga akan mendapatkan nilai  $\delta$  sebesar  $\pi/2$  seperti terlihat pada gambar 3. Dengan memasukkan nilai  $\delta$  sebesar  $\pi/2$  dan  $V_s$  sebesar 100 V dalam persamaan (2) maka akan didapatkan nilai  $V_{1-rms}$  sebesar 63.69 V. Nilai tegangan output rms inverter didapatkan dari persamaan (3) sebesar 70.71 V.



Gambar 3. Tegangan referensi dan tegangan carrier

Tegangan output inverter tersebut kemudian dinaikkan menjadi 220 V dengan menggunakan transformator. Adapun THD didapatkan dengan menggunakan persamaan (5) sebesar 0,33. Tegangan output rms beban sebesar 220 V diperlihatkan pada gambar 4



Gambar 4. Tegangan ouput rms beban

### 6 KESIMPULAN

Paper ini membahas tentang pemodelan inverter satu fasa dengan metode kontrol single pulse width modulation dengan menggunakan software PSIM. Tegangan input sebesar 100 V DC sementara tegangan output rms AC yang dihasilkan sebesar 220 V dengan nilai THD sebesar 0,33.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carrasco, J.M., Bialasiewics, J.T., Guisado, R.C.P., and Leon J.I., " Power-Electronic Systems for The Grid Integration of Renewable Energy Source : A Survey", *IEEE Transactions on Industrial Electronic*, Vol.53,No.4, 2006
- [2] Esmaili, G., "Application of Advanced Power Electronics in Renewable Energy Sources and Hybrid Generating Systems, " *Dissertation of The Ohio State University*, 2006
- [3] Kjaer, S.B., Pederson J.K., and Blaabjerg F., " A Review of Single-Phase Grid-Connected Inverters for Photovoltaic Modules, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol.41,No.5, 2005
- [4] Rashid, M.H., "Power *Electronic, Circuits, Devices, and Application*", 2<sup>nd</sup>ed, Prentice-Hall International, Inc, 1991