



INTISARI

IMPLEMENTASI *SOFT SWITCHING* PADA INVERTER TIGA FASA PENGGERAK MOTOR BLDC BERDAYA RENDAH

Oleh

Alfahri Rifki Fahrezi
21/473456/PA/20398

Implementasi inverter *soft switching* lebih banyak berfokus pada sistem berdaya tinggi di atas 1 kW. Penelitian ini menguji efisiensi inverter *soft switching* pada motor BLDC 350W sebagai representasi sistem berdaya rendah serta membandingkannya dengan efisiensi inverter *hard switching* pada sistem yang sama. Topologi *Auxiliary Resonant Commutated Pole Inverter* (ARCPI) digunakan karena aktivasi rangkaian resonannya dilakukan hanya pada transisi komutasi, sehingga tidak menambah rugi-rugi konduksi secara signifikan. Penerapan *Zero Voltage Switching* (ZVS) diimplementasikan secara selektif pada proses *turn-on* dalam kontrol komutasi enam langkah untuk membatasi stres termal berlebih, menggunakan metode *fixed-timing* untuk kontrol rangkaian resonan yang tidak memerlukan sensor tambahan sehingga biaya dan kompleksitas sistem tetap rendah.

Metode yang digunakan yaitu pengujian terhadap inverter 3 fasa, baik *hard switching* maupun *soft switching* untuk menggerakkan motor BLDC yang diberi beban mekanis yang setara dengan beban mekanis motor ketika menarik daya sebesar $202,0 \pm 1,6$ W pada tegangan 24V. Sistem kemudian diuji pada variasi tegangan masukan 18V, 24V, dan 30V dimana pada masing-masing tegangan masukan, dilakukan pengujian pada *duty cycle* 50%, 60%, dan 80%.

Pada beban mekanis setara konsumsi daya input $202,0 \pm 1,6$ W pada tegangan 24V, motor beroperasi pada rentang daya keluaran $15,20 \pm 0,28$ W hingga $326,40 \pm 9,39$ W. Hasil pengujian pada Inverter *soft switching* menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi secara konsisten dibanding *hard switching*, dengan peningkatan rata-rata $2,52\% \pm 0,69\%$, peningkatan terendah sebesar $1,30\% \pm 0,38\%$, dan tertinggi $6,60\% \pm 0,66\%$. ZVS dibuktikan dengan hilangnya *Miller Plateau* pada gelombang V_{GS} dan penurunan suhu operasional rata-rata MOSFET sebesar $5,8 \pm 1,9$ °C, dari $133,2 \pm 1,2$ °C menjadi $127,4 \pm 1,5$ °C.

Kata kunci: Inverter, Motor BLDC, *Soft Switching*, *Hard Switching*, ARCPI, ZVS



ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF SOFT SWITCHING ON A THREE-PHASE INVERTER FOR LOW-POWER BLDC MOTOR DRIVE

by

Alfahri Rifki Fahrezi
21/473456/PA/20398

The implementation of soft switching inverters has predominantly focused on high-power systems above 1 kW. This study investigates the efficiency of a soft switching inverter in driving a 350 W BLDC motor as a representative of low-power systems and compares it with the performance of a hard switching inverter under identical conditions. The Auxiliary Resonant Commutated Pole Inverter (ARCPI) topology is employed because its resonant circuit is activated only during commutation transitions, thereby avoiding significant additional conduction losses. Zero Voltage Switching (ZVS) is selectively applied during the turn-on process in six-step commutation control to limit excessive thermal stress. A fixed-timing method is adopted for resonant circuit control, which eliminates the need for additional sensors and thereby reduces both system cost and complexity.

The method involved testing both hard switching and soft switching three-phase inverters to drive the BLDC motor under a mechanical load equivalent to the load condition when the motor draws 202.0 ± 1.6 W of input power at 24V. The system was then tested at input voltages of 18V, 24V, and 30V, with each input voltage tested at duty cycles of 50%, 60%, and 80%.

The results show that the soft switching inverter consistently achieved higher efficiency compared to the hard switching inverter, with an average improvement of $2.52\% \pm 0.69\%$, a minimum improvement of $1.30\% \pm 0.38\%$, and a maximum of $6.60\% \pm 0.66\%$. ZVS was verified by the absence of the Miller Plateau in the V_{GS} waveform and by a reduction in the average operating temperature of the MOSFET by 5.8 ± 1.9 °C, from 133.2 ± 1.2 °C to 127.4 ± 1.5 °C. Under the mechanical load equivalent to 202.0 ± 1.6 W of input power at 24 V, the motor operated within an output power range of 15.20 ± 0.28 W to 326.40 ± 9.39 W.

Keywords: Inverter, BLDC Motor, Soft Switching, Hard Switching, ARCPI, ZVS