

Pengembangan Kontroler PI Pada SEPIC Berbasis PSIM

Safa Aulia Zerlina¹⁾, Era Purwanto²⁾, Indra Ferdiansyah³⁾
^{1,2,3)}Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Kampus ITS,
Jl. Raya ITS, Keputih Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur Indonesia

Email: safa.aulia.z@gmail.com¹, era@pens.ac.id², indraferdi@pens.ac.id³

Abstrak - *Single Ended Primary Inductance Converter (SEPIC)* merupakan *converter* turunan *buck-boost converter* di mana *converter* tersebut dapat menaikkan maupun menurunkan tegangan *input* namun polaritas tegangan *output* SEPIC tidak berubah. Di mana polaritas tegangan *output* buck-boost *converter* terbalik. Hasil simulasi gelombang pada software PSIM sendiri masih terdapat *rise time* yang lumayan tinggi sehingga dibutuhkan kontrol untuk menghilangkan *rise time* dan membuat *settling time* menjadi lebih singkat. Kontrol yang digunakan merupakan kontrol proporsional dan kontrol integratif. Di mana kontrol proporsional memiliki fungsi untuk memperbaiki *transient* dan *settling time* dan kontrol integratif memiliki fungsi untuk membuat *error steady state*-nya berkurang menjadi 0. Metode yang digunakan adalah metode *Ziegler Nichols*. Hasil yang didapatkan adalah penggunaan kontrol Proporsional Integratif dapat menghilangkan *overshoot* pada sistem *close-loop*, namun *settling time* yang dibutuhkan cenderung lebih lama yaitu: 0,152 detik jika dibandingkan dengan sistem *open-loop* yaitu: 0,0754 detik dan lebih banyak *ripple* yang dihasilkan sehingga perlu dikaji ulang untuk mendapatkan respon yang lebih baik lagi.

Kata Kunci- SEPIC, *converter*, kontrol proporsional, kontrol integratif.

Abstract - *Single Ended Primary Inductance Converter (SEPIC)* is a *converter* derived from *buck-boost converter* where the *converter* can increase or decrease the *input voltage* but the *polarity* of the *SEPIC output voltage* does not change. Where the *polarity* of the *buck-boost converter output voltage* is reversed. The *wave simulation results* in the *PSIM software* itself still have a fairly high *rise time* so *control* is needed to eliminate the *rise time* and make the *settling time* shorter. The *control used* is *proportional control* and *integrative control*, where *proportional control* has a function to improve *transient* and *settling time* and *integrative control* has a function to make the *error steady state* decrease to 0. The *method used* is the *Ziegler Nichols method*. The *results obtained* are that the use of the *Proportional Integrative control* can eliminate *overshoot* in a *close-loop system*, but the *settling time* required tends to be longer, namely: 0.152 seconds when compared to the *open-loop system*, namely: 0.0754 seconds and more *ripple* is generated so it is necessary reviewed for a better response.

Keywords - SEPIC, *converter*, *proportional control*, *integrative control*

I. PENDAHULUAN

Konverter DC-DC merupakan rangkaian elektronika daya yang mengubah tegangan DC ke tegangan DC dengan level yang berbeda yang biasanya nilai *output*-nya diatur [1]. Konverter DC-DC bekerja sama seperti trafo atau transformer yang mengubah tegangan AC tertentu ke tegangan AC yang lebih tinggi ataupun lebih rendah. Tidak ada peningkatan atau pengurangan nilai daya *input* selama pengkonversian bentuk energi listriknya.

Konverter DC-DC atau yang biasa disebut dengan *DC Chopper* seringkali dimanfaatkan terutama untuk penyediaan tegangan *output* DC yang bervariasi besarnya sesuai dengan

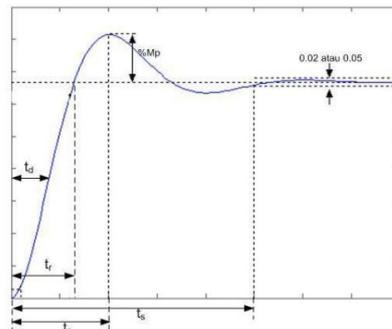
permintaan beban. Daya *input* dari dari proses konversi DC-DC tersebut berasal dari sumber daya DC yang biasanya memiliki tegangan masukan yang tetap.

Pada dasarnya untuk mencapai nilai tegangan *output* DC yang diinginkan digunakan dengan cara pengaturan lamanya waktu penghubungan antara sisi *output* dan sisi *input* pada rangkaian yang sama. Komponen yang digunakan untuk menjalankan fungsi penghubung tersebut adalah *switch* (*solid state electronic switch*), seperti Thyristor, IGBT, MOSFET, dan GTO. Untuk *SEPIC Converter* sendiri, tanpa mengubah polaritas pembalikan *input*, *SEPIC Converter* dapat menginduksi tegangan *output* lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan sumber [4] dan *output* dari *SEPIC Converter* dikontrol melalui *duty cycle* [5].

Pada penelitian ini digunakan kontrol PI atau kontrol proporsional integratif karena kinerjanya yang kuat untuk berbagai kondisi operasi dan kemudahan penerapan dan juga biayanya yang terjangkau [9][10]. *Output* dari kontrol PI adalah *duty cycle* untuk memodifikasi *SEPIC Converter* [6][7]. Sehingga jelas terlihat apabila kekurangan utama dari sebuah sistem *open loop* adalah variasi tegangan keluaran yang seiringan dengan perubahan tegangan masukan [6]. Pengontrol PI akan menghilangkan osilasi paksa dan *steady state error*. Kontrol PI adalah pengontrol umpan balik yang mengatur sistem *output* konverter [8].

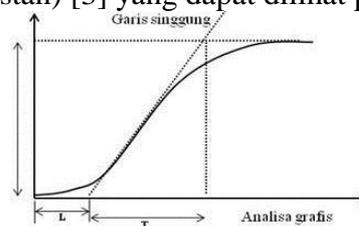
II. METODE

Pada penelitian ini akan diidentifikasi respon dari *SEPIC* di mana spesifikasi respon sistem orde 2 seperti pada Gambar 1 yang mana respon tersebut memiliki beberapa karakteristik, yaitu *rise time*, *settling time*, dan *delay time* [2]. *Rise time* atau waktu naik merupakan ukuran waktu yang diukur mulai dari respon $t=0$ sampai dengan respon memotong sumbu *steady state* yang pertama. *Settling time* atau waktu tunak adalah ukuran waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$ atau $\pm 2\%$, atau $\pm 0,5\%$ dari keadaan *steady state*. *Delay time* merupakan ukuran waktu yang menyatakan faktor keterlambatan respon *output* terhadap *input*, diukur mulai $t=0$ sampai dengan respon mencapai 50% dari respon *steady state*.



Gambar 1. Respon Orde 2

Metode *Ziegler-Nichols* adalah metode heuristik dalam pengaturan sebuah kontrol PI maupun PID. Metode ini digunakan dengan cara melihat respon suatu sistem jika diberi *input*. Respon sistem disajikan di dalam bentuk kurva reaksi dan ditandai oleh 2 parameter, yaitu *L* (waktu tunda) dan *T* (waktu konstan) [3] yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Reaksi

Parameter-parameter yang didapatkan dari kurva reaksi digunakan untuk menentukan parameter pengendali PI berdasarkan tetapan empiris metode *Ziegler Nichols*. Rumus parameter pengendali menggunakan metode kurva reaksi dapat dilihat pada Tabel 2.1

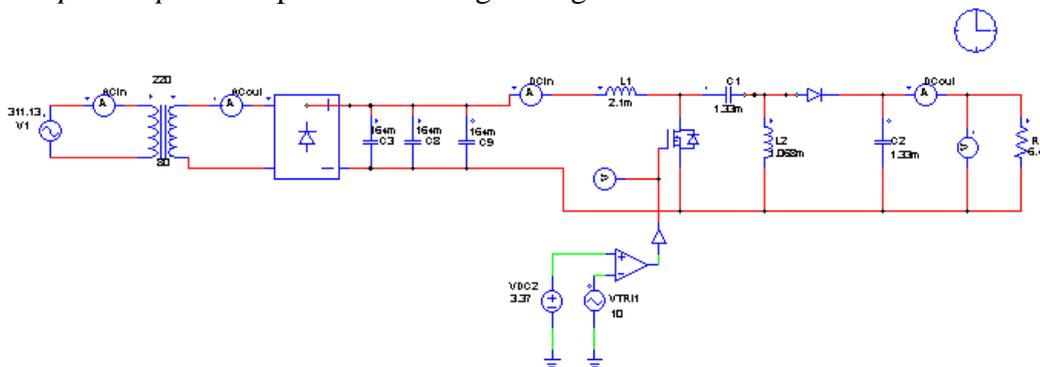
TABEL 1. RUMUS PARAMETER ZIEGLER NICHOLS

Type of Controller	Kp	Ti	Td
P	$Kp = \left(\frac{T}{L}\right)$ (1)	~	0
PI	$Kp = 0.3 \times \left(\frac{T}{L}\right)$ (2)	$Ti = \frac{L}{0.3}$ (3)	0
PID	$Kp = 1.2 \times \left(\frac{T}{L}\right)$ (4)	$Ti = 2 \times L$ (4)	$Td = 0.5 \times L$ (5)

Pada penelitian ini *software* yang digunakan untuk mendapatkan data adalah *software* PSIM di mana langkah pertama akan dilakukan simulasi sistem SEPIC pada keadaan *open loop* setelah itu akan diambil nilai L dan T pada respon *open loop* tersebut. Lalu apabila sudah didapatkan nilai L dan T-nya, maka akan dihitung nilai Kp dan Ki dengan rumus yang sudah ada, dan langkah terakhir nilai Kp dan Ki akan dimasukkan ke sistem *close loop*.

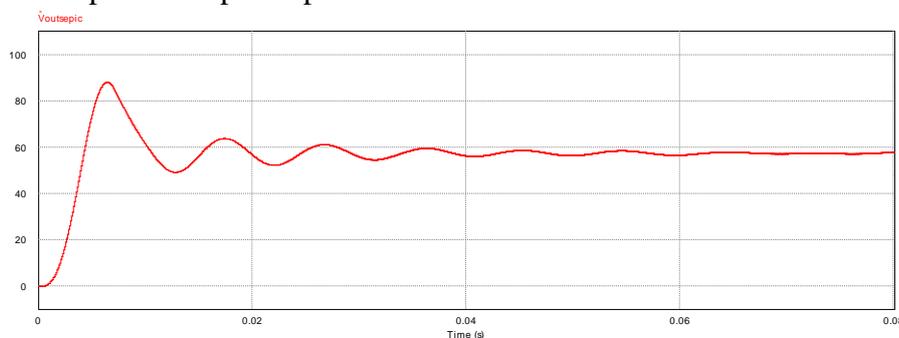
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan data hasil simulasi, yang pertama dilakukan adalah melakukan simulasi *open-loop* SEPIC pada PSIM dengan rangkaian berikut



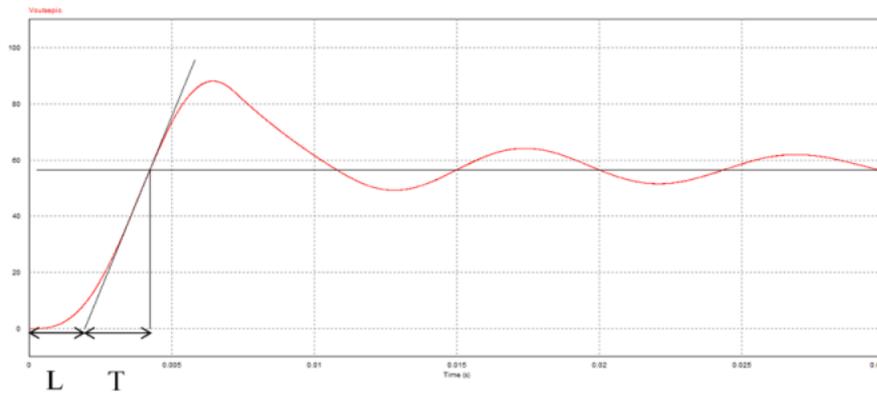
Gambar 3. Rangkaian *Open-Loop* SEPIC pada PSIM

Dari Gambar 3 dapat dilihat apabila dalam sistem simulasi dimulai dari sumber 3 fasa yang lalu masuk ke trafo *stepdown* dan lalu disearahkan dan di-*filter* menggunakan oleh kapasitor dan didapatkan respon seperti berikut



Gambar 4. Respon *Open-Loop* SEPIC

Berdasarkan Gambar 4 yaitu respon *open-loop* SEPIC didapatkan data apabila terdapat *rise time* sebesar $4,332 \times 10^{-3}$ dengan *overshoot* maksimal sebesar 88 volt. Di mana hal tersebut akan merusak komponen apabila terjadi sehingga akan digunakan kontrol proporsional-integratif. Dengan langkah awal akan dicari nilai L dan T untuk mendapat nilai Kp dan TI untuk *tuning* kontrol.



Gambar 5. Analisa Grafis Respon *Open-Loop* SEPIC

Measure	
Time	1.9591837e-003
Voutsepic	8.9034422e+000

Gambar 6. Nilai L Analisa Grafis *Open-Loop* SEPIC

Measure	
Time	4.2367347e-003
Voutsepic	5.6374358e+001

Gambar 7. Nilai T Analisa Grafis *Open-Loop* SEPIC

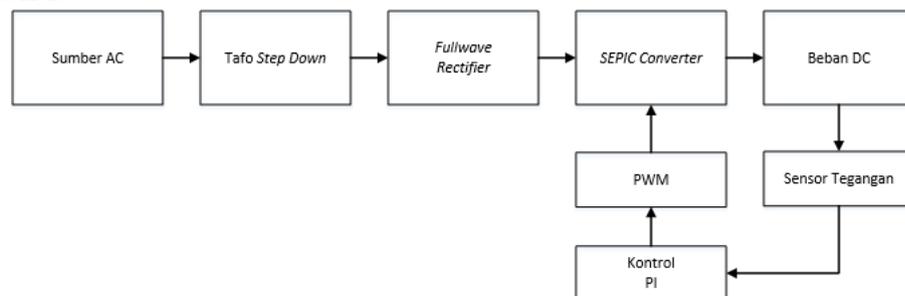
Gambar 5 merupakan respon *output* dari SEPIC Converter yang telah ditarik garis untuk mendapatkan nilai L dan T, lalu Gambar 6 dan Gambar 7 adalah hasil pembacaan menggunakan *tool* pada PSIM dengan masing-masing nilai L=0,001959 dan nilai T=0,0042367 maka akan dihitung nilai Kp dan Ti untuk *tuning* kontrol PI menggunakan rumus yang telah disebutkan pada Tabel 1.

$$Kp = 0.3 \times \frac{T}{L} \tag{2}$$

$$Ti = \frac{L}{0.3} \tag{3}$$

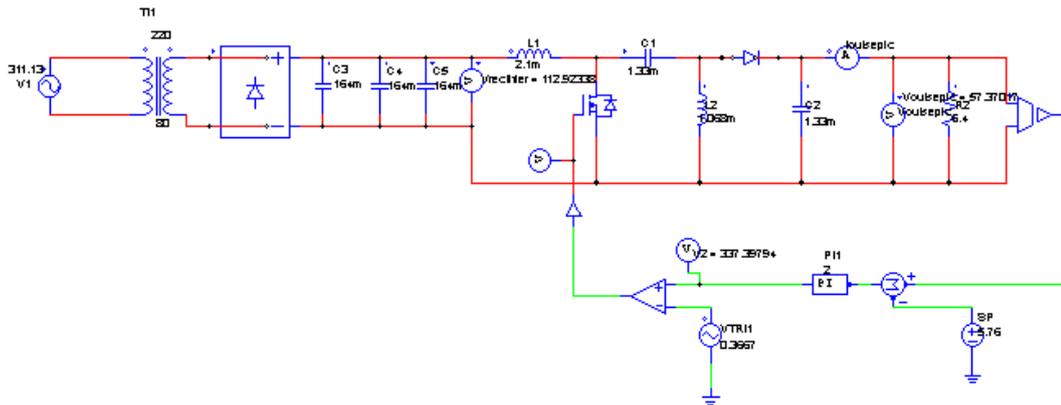
Pada rumus di atas Kp merupakan konstanta proporsional dan Ti merupakan konstanta integral, dengan hasil perhitungan dengan nilai L dan T yang telah disebutkan di atas Kp sebesar 1,946 dan nilai Ti sebesar sebesar 0,00653.

Setelah mendapat nilai di atas maka akan dibuat simulasi kontrol PI *close-loop* pada *software* PSIM.

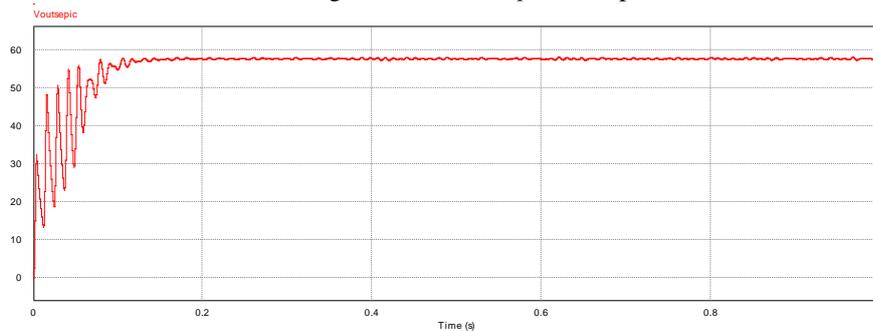


Gambar 8. Blok Diagram Sistem *Close Loop*

Gambar 8 merupakan blok diagram sistem *close loop* di mana proses berawal dari sumber AC dan berbeda dengan sistem *open loop*, sistem ini menggunakan feedback dari *output* beban untuk mengambil nilai *output* SEPIC Converter dan digunakan sebagai *input* dari kontrol PI dan hasil *output* dari kontrol PI adalah berupa *duty cycle* untuk mengontrol kembali tegangan *output* SEPIC Converter.

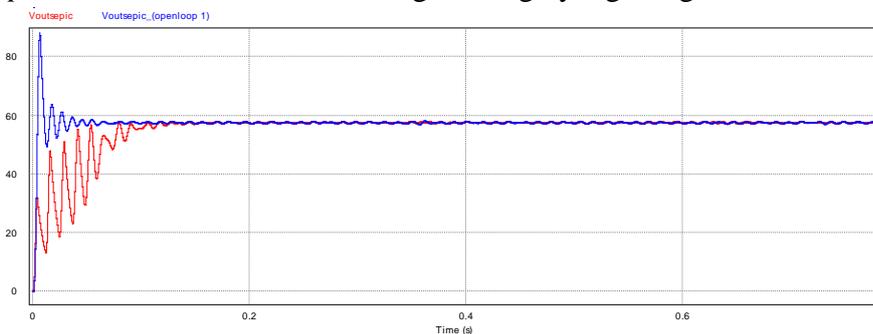


Gambar 9. Rangkaian *Close-Loop* SEPIC pada PSIM



Gambar 10. Hasil Simulasi *Close-Loop* SEPIC pada PSIM

Berdasarkan Gambar 9, untuk *set point* yang di masukkan ke blok rangkaian *set point* sebesar 5.76 dan pada simulasi digunakan pengali 10 untuk bagian set point sehingga hasil set point yang dihasilkan adalah 57.6 V. Lalu pada blok kontrol PI diisi sesuai dengan perhitungan yaitu pada bagian *gain* diisi 1.946 dan pada bagian *time* diisi dengan 0.00653. Untuk bagian *gain* sendiri sama dengan nilai K_p dan *time* sama dengan T_i . Pada simulasi *close-loop* SEPIC ini didapatkan hasil seperti Gambar 10, di mana *overshoot* pada saat *rise time* sudah menghilang. Pada *rise time* juga masih terdapat *ripple* namun nilainya tidak melebihi *set point* sebesar 57.6 V sesuai dengan design yang diinginkan.



Gambar 10. Perbandingan Hasil Simulasi *Close-Loop* dan *Open-Loop* SEPIC pada PSIM

Pada Gambar 10 dapat dilihat perbandingan hasil simulasi antara *close-loop* dan *open-loop* SEPIC, di mana gelombang biru merupakan gelombang hasil respon *open-loop* dan gelombang merah merupakan hasil respon *close-loop*. Pada gelombang *open-loop* saat *delay time* di waktu 0,0057 detik terdapat *overshoot* hingga 84 V, namun pada waktu yang sama di gelombang *close-loop*, *overshoot* berhasil dihilangkan dengan nilai tegangan sebesar 26,4 V. Pada gelombang *open-loop* *settling time* yang dibutuhkan sebesar 0,0754 detik, namun pada gelombang *close-loop* *settling time* yang dibutuhkan adalah sebesar 0,152 detik dan banyak *ripple* yang terlihat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi kontrol SEPIC dengan PI menggunakan metode *Ziegler Nichols* yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan kontrol Proporsional Integratif dapat menghilangkan *overshoot* pada sistem *close-loop*, namun *settling time* yang dibutuhkan cenderung lebih lama yaitu: 0,152 detik jika dibandingkan dengan sistem *open-loop* yaitu: 0,0754 detik namun lebih banyak *ripple* yang dihasilkan, dan respon tersebut seharusnya diperbaiki sehingga hasil yang didapatkan lebih maksimal. Diperlukan adanya simulasi dan perhitungan ulang dengan menggunakan *software* PSIM atau menggunakan *software* lainnya supaya didapatkan hasil dengan *settling time* yang lebih singkat dan *ripple* yang lebih kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT dan tanpa menghilangkan rasa hormat, saya selaku penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas perlindungan, pertolongan, dan ridhonya sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian ini. Kepada Bapak Dr. Ir. Era Purwanto, M.Eng dan Bapak Indra Ferdiansyah, S.Tr.T, MT atas bimbingannya untuk menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada staf, dosen, dan teman-teman atas ilmunya dan dukungannya selama menyelesaikan studi di Politeknik Elektronika Surabaya.

REFERENSI

- [1] Daniel W. Hart, "*Power Electronics*", 2015
- [2] Aisuwarya, R. and Hidayati, Y. "Implementation of Ziegler-Nichols PID Tuning Method on Stabilizing Temperature of Hot-water Dispenser," 2019 16th International Conference on Quality in Research (QIR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering, Padang, Indonesia, 2019, pp. 1-5.
- [3] Azrita, B.A., Maaspaliza, B.A., Auzani, B.J., and Wahidah, B.A.H. "A modified PID controller of SEPIC converter for excellent dynamic performance," 2016 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), Melaka, Malaysia, 2016, pp. 423-427.
- [4] Baliwant, B.B., Gothane, A.R., and Waghmare, V.B. "PWM Based Charge Controller For Renewable Energy Applications Using SEPIC Converter," 2019 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), Erode, India, 2019, pp. 1051-1054.
- [5] Rose, J.L., and Sankaragomathi, B. *Design, Modeling, Analysis and Simulation of a SEPIC Converter*. Middle-East Journal of Scientific Research, 24(7), 2016, pp. 2302-2308.
- [6] Gangadharan, K. *A Closed Loop Converter of Modified Sepic Converter for Renewable Application*. IJREE, 3(2), 2016, pp. 7-12.
- [7] Sakthivel, C., Selvakumar, K. and Venkatesan, T. *Modified SEPIC Converter with High Static Gain for Renewable Energy Applications*. IJCTA, 9(37), 2016, pp. 865-873.
- [8] Ilayaraja, S. and Narmadha, T.V. "Modeling of an E-Vehicle Charging Station using DC-DC Self-lift SEPIC Converter," 2016 Second International Conference on Science Technology Engineering and Management (ICONSTEM), Chennai, India, 2016, pp. 526-531.
- [9] Poluthai, S. and Jirasuwankul, N. "Simulation of a Miniature SEPIC Converter with PI

- Controller for Thermoelectric Generator Module," 2018 International Electrical Engineering Congress (iEECON), Krabi, Thailand, 2018, pp. 1-4.
- [10] Durgadevi, S. and Umamaheswari, M.G. *Analysis and Design of Single Phase Power Factor Correction with DC-DC SEPIC Converter for Fast Dynamic Response using Genetic Algorithm Optimised PI Controller*. IET Circuits, Devices & Systems, 12(2), 2018, pp. 164-174.