



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| e- ISSN : 2460-5255 (Online) | p- ISSN : 2443-4159 (Print) |

Modifikasi Frekuensi Switching pada LED Driver Menggunakan Oscillator Lorenz Analog untuk Mereduksi Conducted EMI

Mohammad Yanur H¹, Noptin Harpawi², dan Syaifullah³

¹Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Eketronika Telekomunikasi, email: yanuar@pcr.ac.id

²Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Telekomunikasi, email: noptin@pcr.ac.id

³Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Telekomunikasi, email: syaiful14tet@mahasiswa.pcr.ac.id

Abstrak

Lampu light emitting diode (LED) menjadi semakin populer digunakan dalam berbagai macam aplikasi, karena penggunaan daya yang rendah, efisiensi yang tinggi dan perawatan yang rendah. Untuk mencapai efisiensi yang tinggi dalam transfer energi pada catu daya LED, diterapkan switched mode power supply (SMPS). SMPS diimplementasikan dengan pulse width modulation (PWM) yang beroperasi pada frekuensi konstan. Frekuensi switching konstan menghasilkan emisi yang signifikan di sejumlah frekuensi, emisi ini dinamakan electromagnetic interference (EMI). EMI yang dihasilkan termasuk di dalamnya frekuensi operasi fundamental catu daya dan harmoniknya melalui mekanisme conducted dan radiated. Sebagai akibatnya, SMPS berpotensi tidak bisa memenuhi standar electromagnetic compatibility (EMC). Modifikasi switching pada SMPS menggunakan teknik spread spectrum merupakan solusi yang murah dan berdaya guna dalam mitigasi EMI. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi switching pada LED driver dengan sinyal chaotic Lorenz. Sinyal chaotic Lorenz diterapkan pada LED evaluation board kemudian dilihat kinerja EMI-nya dibandingkan saat LED driver bekerja dengan frekuensi konstan. Ketika diterapkan sinyal chaotic Lorenz terjadi penurunan level emisi EMI terbesar sebesar 16,5 dB μ V.

Kata kunci: LED, conducted emission, EMI, oscillator Lorenz, spread spectrum

Abstract

Light emitting diode (LED) are becoming increasingly popular in a variety of applications, due to low power, high efficiency and low maintenance. To achieve high efficiency, switched mode power supply (SMPS) is applied. SMPS is implemented with pulse width modulation (PWM) which operates at a constant frequency. Constant switching frequency produces significant emissions in a number of frequencies, this emission is called electromagnetic interference (EMI). The EMI generated includes the fundamental operation frequency of the power supply and its harmonics through a conducted and radiated mechanism. As a result, SMPS has the potential to be unable to meet the electromagnetic compatibility (EMC) standard. Modification of switching in SMPS using spread spectrum techniques is a cheap and efficient solution in EMI mitigation. In this research, switching modification is done on LED drivers with chaotic Lorenz signals. The Lorenz chaotic signal is applied to the LED evaluation board and then the EMI performance is seen compared to when the LED driver works with a constant frequency. When applied to the Lorenz chaotic signal there was a decrease in the level of emission of the largest EMI which is equal to 16.5 dB μ V

Keywords: LED, conducted emission, EMI, oscillator Lorenz, spread spectrum

1. Pendahuluan

Untuk mencapai efisiensi yang tinggi dalam transfer energi pada catu daya LED, diterapkan topologi switched mode power supply (SMPS) seperti buck, boost, flyback, cuk dan buck-boost [1-8]. SMPS banyak diterapkan secara luas karena keuntungan yang ditawarkan dalam hal ukuran, berat, biaya dan kinerja. Keuntungan LED lainnya adalah awet dan ramah lingkungan karena lebih sedikit mengandung komposisi zat beracun jika dibandingkan dengan jenis lampu lain [9-12].

SMPS diimplementasikan dengan pulse width modulation (PWM) yang beroperasi pada frekuensi konstan. Frekuensi switching konstan menghasilkan emisi yang signifikan di sejumlah frekuensi, emisi ini dinamakan electromagnetic interference (EMI). EMI yang dihasilkan termasuk di dalamnya frekuensi operasi fundamental catu daya dan harmoniknya melalui mekanisme conducted dan radiated. Sebagai akibatnya, konverter berpotensi tidak bisa memenuhi standar electromagnetic compatibility (EMC) [13]. SMPS yang mempunyai pola switching periodik yang mempunyai beberapa frekuensi switching dengan pola perubahan yang periodik, mempunyai spektrum EMI yang terdiri dari frekuensi fundamental dan frekuensi harmonik dengan amplitudo yang signifikan [10-11]. Nilai-nilai puncak komponen harmonik dan fundamental ini tidak boleh melebihi standar CISPR 22 class B bila sebuah produk ingin dapat dinyatakan memenuhi standar EMC. Komponen harmonik periodik ini akan berbahaya jika berulang secara kontinyu, meskipun amplitudo dan energinya rendah [16].

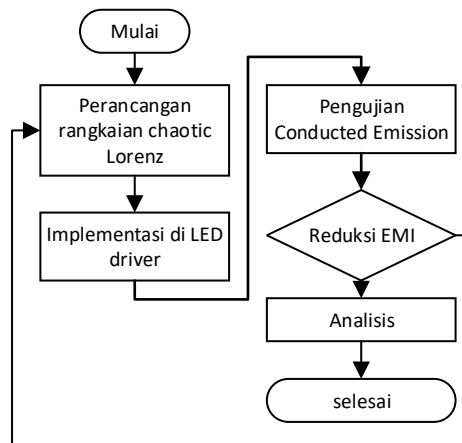
Beberapa solusi ditawarkan untuk dapat menekan nilai-nilai puncak komponen fundamental dan harmonik EMI sebuah konverter seperti melakukan perancangan konverter dengan kaidah tertentu, melakukan pemilihan komponen yang dapat menekan EMI, menggunakan tapis EMI, dan menerapkan teknik spread spectrum [13-21]. Pada teknik spread spectrum, konverter switching tidak hanya bekerja pada satu frekuensi tetap. Frekuensi switching akan selalu berubah dengan pola tertentu dan dalam rentang wilayah tertentu pula. Hal ini berarti, memusatkan energi pada band frekuensi tertentu. Pada penelitian ini, modifikasi switching pada LED driver evaluation board menggunakan teknik spread-spectrum diimplementasikan menggunakan sinyal chaotic Lorenz. Sinyal chaotic Lorenz dibangkitkan menggunakan rangkaian chaotic Lorenz.

2. Metodologi

Implementasi sinyal chaotic Lorenz pada LED driver melalui beberapa tahapan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Dimulai dengan tahapan perancangan rangkaian *chaotic* Lorenz. Sinyal Lorenz adalah salah satu dari beberapa osilator standar yang biasa digunakan untuk mengeksplorasi kekacauan (*chaos*). Sistem ini pada awalnya dikembangkan sebagai model matematis yang disederhanakan dari ketidakstabilan atmosfer. Persamaan yang disederhanakan dari non linear orde 12 menjadi non linear orde 3 adalah sebagai berikut [26]:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= \sigma y - \sigma x \\ \frac{dy}{dt} &= \rho x - y - xz \\ \frac{dz}{dt} &= xy - bz\end{aligned}\tag{1}$$

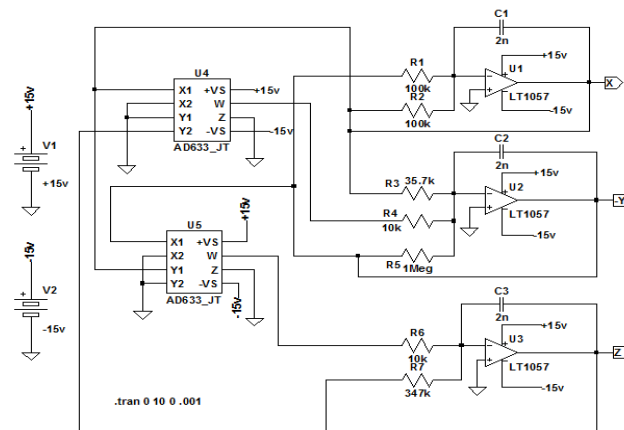
Dimana x , y , dan z adalah keadaan sistem atau variable state dan σ , ρ , dan b adalah parameter tetap. Nilai parameter tipikal yang menghasilkan dinamika chaos adalah $\sigma = 10$, $\rho = 30$, dan $b = 8/3$ [27].



Gambar 1. Alur penelitian

Skema rangkaian sistem Lorenz yang terstimulasi ditunjukkan pada Gambar 2. Tegangan pada node berlabel x, y, dan z sesuai dengan keadaan sistem pada persamaan (1). Multiplier pada rangkaian menggunakan AD633, dan Operational amplifier (Op-Amp) LT1057. Untuk menghitung frekuensi cut-off digunakan persamaan (2).

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$



Gambar 2. Rangkaian Oscillator Lorenz

Digunakan resistor yang diskalakan hingga $1\text{ M}\Omega$, yang tidak lepas dari pengaruh faktor pengali pada persamaan (1). Nilai resistor R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_6 , dan R_7 , diperoleh dari persamaan (3-6).

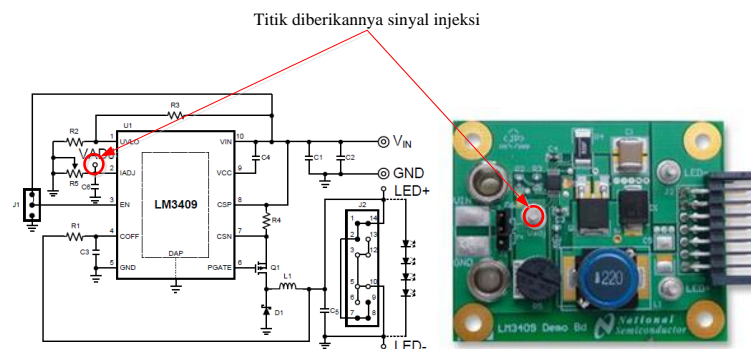
$$R_1 = R_2 = \frac{1\text{ M}\Omega}{\sigma} = \frac{1\text{ M}\Omega}{10} = 100\text{ k}\Omega \quad (3)$$

$$R_3 = \frac{1\text{ M}\Omega}{\rho} = \frac{1\text{ M}\Omega}{28} = 35,7\text{ k}\Omega \quad (4)$$

$$R_4 = R_6 = \frac{1M\Omega}{100} = 10k\Omega \quad (5)$$

$$R_7 = \frac{1M\Omega}{\beta} = \frac{1M\Omega}{2,67} = 374k\Omega \quad (6)$$

Sehingga, untuk memvariasikan frekuensi tanpa mempengaruhi sifat chaotic-nya, ketiga kapasitor pada rangkaian dapat diskalakan secara merata. Setelah didapatkan sinyal chaotic, sinyal tersebut digunakan untuk memodifikasi LED driver LM 3409 evaluation board pada titik IADJ, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

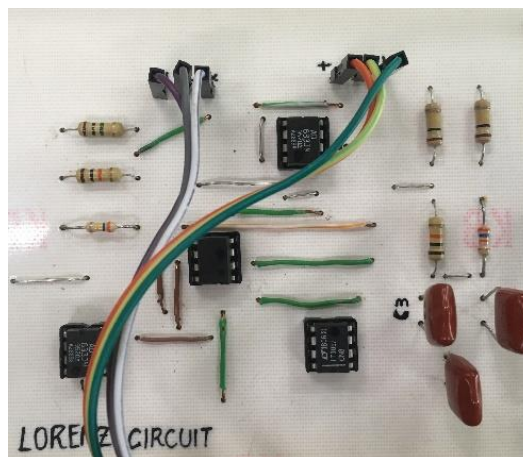


Gambar 3. LM 3409 Evaluation board

Pengujian conducted emission dilakukan untuk melihat kinerja sistem dalam mereduksi EMI. Standar CISPR 22 digunakan dalam pengujian tersebut. Pengujian dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama pengujian conducted emission saat LED driver bekerja pada kondisi normal dan tahap kedua saat switching LED driver dimodifikasi menggunakan oscillator Lorenz.

3. Hasil dan Pembahasan

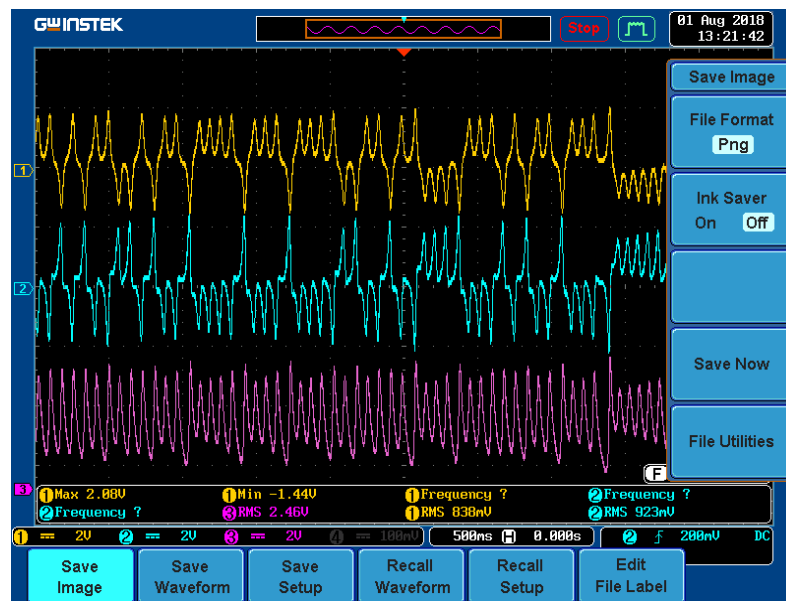
Rangkaian Lorenz hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 4. Sinyal chaotic Lorenz pada node x, y dan z hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 5 dengan rentang frekuensi 100 Hz hingga 10 KHz. Sinyal masing-masing node mempunyai pola yang berbeda.



Gambar 4. Rangkaian Lorenz hasil perancangan

Pada saat switching LED driver dimodifikasi menggunakan rangkaian oscillator Lorenz, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Ketika diberikan sinyal Lorenz yang dihasilkan oleh node x, pada

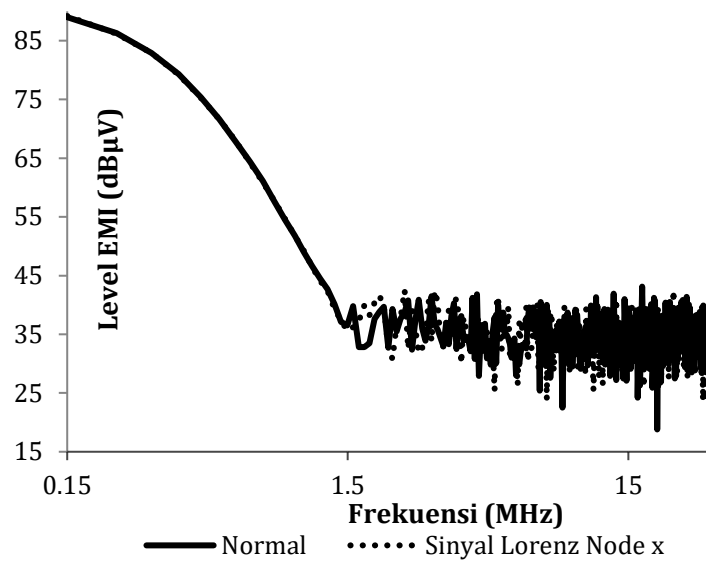
rentang 150 KHz - 5 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 9,1 dB μ V. Pada rentang 5-10 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 16,2 dB μ V. Pada rentang 10-15 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 11,7 dB μ V. Pada rentang 15-20 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 8,9 dB μ V. Pada rentang 20-25 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 11,8 dB μ V. Pada rentang 25 MHz-30 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 12,3 dB μ V. Berdasarkan pembacaan data, sinyal x dapat meredam EMI dengan baik pada saat rentang frekuensi 5-10 MHz.



Gambar 5. Sinyal output x, y, dan z dari Lorenz oscillator

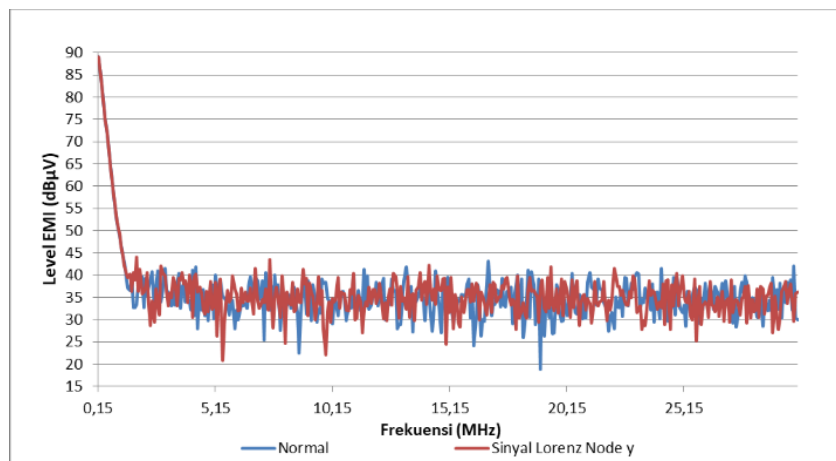


Gambar 6. Pengujian conducted emission saat switching LED driver dimodifikasi menggunakan oscillator Lorenz



Gambar 7. Perbandingan level EMI kondisi normal dan modifikasi menggunakan sinyal Lorenz node x

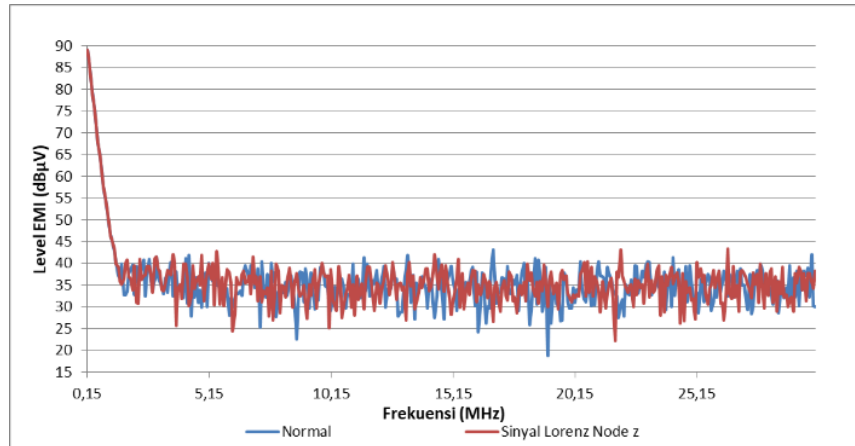
Pengurangan EMI saat dimodifikasi dengan sinyal oscillator Lorenz node y ditunjukkan pada Gambar 6. Pada rentang 150 KHz-5 MHz terjadi penurunan level EMI terendah sebesar 10,2 dBμV. Pada rentang 5-10 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 16,2 dBμV. Pada rentang 10-15 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 13,5 dBμV. Pada rentang 15-20 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 9,9 dBμV. Pada rentang 20-25 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 8,8 dBμV. Pada rentang 25-30 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 12,5 dBμV. Pengurangan EMI terbesar terjadi direntang frekuensi 5-10 MHz.



Gambar 8. Perbandingan level EMI kondisi normal dan modifikasi menggunakan sinyal Lorenz node y

Sinyal pada node z dari Lorenz oscillator juga mampu menurunkan EMI pada beberapa rentang frekuensi, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Pada rentang 150 KHz-5 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 12,4 dBμV. Pada rentang 5-10 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 9,3 dBμV. Pada rentang 10-15 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 11,8 dBμV. Pada rentang 15-20 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 16,5 dBμV. Pada rentang 20-25 MHz terjadi penurunan level EMI sebesar 10,8 dBμV. Pada rentang 25-30 MHz terjadi penurunan level EMI

sebesar 11,3 dB μ V. Berdasarkan pembacaan data, saat sinyal pada node z dapat meredam EMI paling baik pada saat rentang frekuensi 15-20 MHz dengan besar redaman 16,5 dB μ V.



Gambar 9. Perbandingan level EMI kondisi normal dan modifikasi menggunakan sinyal Lorenz node z.

Tabel 1.

Node <i>Oscillator</i> Lorenz	Rentang Frekuensi (MHz)	Reduksi EMI (dB μ V)
x	5-10	16,2
y	5-10	16,2
z	15-20	16,5

Jika dibandingkan dengan besar reduksi EMI yang dihasilkan dari ketiga node *oscillator* Lorenz, sinyal pada node z memiliki reduksi EMI terbesar yaitu 16,5 dB μ V seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

4. Kesimpulan

Sinyal chaos lorenz oscillator berhasil dibangkitkan secara hardware dengan frekuensi kerja 100 Hz hingga 10 KHz. Saat frekuensi switching dimodifikasi, EMI yang dihasilkan oleh LED driver dapat direduksi. Oscillator Lorenz pada node z menghasilkan reduksi EMI paling besar jika dibandingkan pada node lain yaitu sebesar 16,5 dB μ V.

5. Daftar Pustaka

- [1] A. Gago Calderón, L. Narvarte Fernández, L. M. Carrasco Moreno, and J. Serón Barba, "LED bulbs technical specification and testing procedure for solar home systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 41, pp. 506–520, 2015.
- [2] R. A. A. El-wahab and K. Tetranychus, "Light Emitting Diodes (LEDs) Reduce Vertimec, Resistance in *Tetranychusurticae* (Koch)," *IJCBS Res. Pap.*, vol. 1, no. 3, pp. 28–40, 2014.
- [3] A. T. L. Lee, J. K. O. Sin, and P. C. H. Chan, "Scalability of Quasi-Hysteretic FSM-Based Digitally Controlled Single-Inductor Dual-String Buck LED Driver to Multiple Strings," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no. 1, pp. 501–513, Jan. 2014.
- [4] Y. C. Tsai, T. J. Liang, K. H. Chen, and L. P. Y. Ting, "Design and implementation of single-stage LED driver with high frequency pulse," in *2nd International Future Energy Electronics Conference, IFEEC 2015*, 2015, pp. 1–6.
- [5] C. Y. Hsu and Y. L. Chang, "A single stage single switch valley switching Flyback-Forward converter with regenerative snubber and PFC for LED light source system," *Proc. 2014 Int. Conf. Intell. Green Build. Smart Grid, IGBSG 2014*, 2014.
- [6] M. R. Cosetin, P. C. V Luz, M. F. Da Silva, F. Bisogno, J. M. Alonso, and R. N. Do Prado, "Single-stage SEPIC-Buck converter for LED lighting with reduced storage capacitor," in *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, 2012, pp. 4597–4603.
- [7] A. Pawellek and T. Duerbaum, "Novel Analysis of a Boost - Buck Single Stage LED - Ballast," in *PCIM Europe 2015*, 2015, no. May, pp. 19–21.
- [8] P. S. Almeida, H. A. C. Braga, M. A. Dalla Costa, and J. M. Alonso, "Offline soft-switched LED driver based on an integrated bridgeless boost-asymmetrical half-bridge converter," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 51, no. 1, pp. 761–769, 2015.
- [9] E. K. Lau, "Understanding radiation safety of high-intensity light-emitting diodes," in *Proceedings - 10th Annual IEEE Symposium on Product Compliance Engineering, ISPCE 2013*, 2013, pp. 2–4.
- [10] C. Jettanasen;, C. Pothisarn;, H. Kong, C. Jettanasen, and C. Pothisarn, "Analytical Study of Harmonics Issued from LED Lamp Driver," in *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, 2014, vol. II, pp. 12–15.
- [11] L. A. Fernandes, "Comparative Performance Evaluation and Assessment of Organic Light Emitting Diodes and Light Emitting Diodes," in *59th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*, 2016, no. October, pp. 1–4.
- [12] A. Jayawardena, D. Duffy, and J. Manahan, "Impact of light on safety in industrial environments," in *Record of Conference Papers - Annual Petroleum and Chemical Industry Conference*, 2015, pp. 1–9.
- [13] F. Pareschi, G. Setti, R. Rovatti, and G. Frattini, "Practical Optimization of EMI Reduction in Spread Spectrum Clock Generators With Application to Switching DC/DC Converters," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no. 9, pp. 4646–4657, Sep. 2014.
- [14] J. Balcells et al., "Frequency modulation techniques for EMI reduction in SMPS," *2005 Eur. Conf. Power Electron. Appl.*, pp. 1–8, 2005.

- [15] W. R. Liou, H. M. Villaruza, M. L. Yeh, and P. Roblin, "A Digitally Controlled Low-EMI SPWM Generation Method for Inverter Applications," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 10, no. 1, pp. 73–83, 2014.
- [16] M. Kuisma, "Variable Frequency Switching in Power Supply EMI-Control: An Overview," *IEEE Aerosp. Electron. Syst. Mag.*, vol. 18, no. 12, pp. 18–22, 2003.
- [17] J. H. Ahn, "Implementation of an LED tile controller for high-quality image display," *Displays*, vol. 34, no. 1, pp. 17–26, 2013.
- [18] A. Ndokaj and A. Di Napoli, "LED power supply and EMC compliance," in *Energy Conference and Exhibition (ENERGYCON)*, 2012 IEEE International, pp. 254–258.
- [19] D. Sakulhirak, V. Tarateeraseth, W. Khan-Ngern, and N. Yoothanom, "Design of high performance and low cost Line Impedance Stabilization Network for university power electronics and EMC laboratories," *Proc. Int. Conf. Power Electron. Drive Syst.*, pp. 284–289, 2007.
- [20] D. Nielsen, M. a. E. Andersen, and K. S. Meyer, "Preliminary investigations of piezoelectric based LED luminary," *Proc. 2011 14th Eur. Conf. Power Electron. Appl.*, pp. 1–9, 2011.
- [21] J. L. Kotny, T. Duquesne, and N. Idir, "Modeling and design of the EMI filter for DC-DC SiC-converter," in *2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2014*, 2014, no. Cm, pp. 1195–1200.
- [22] Y. Yang, Z. Liu, F. C. Lee, and Q. Li, "Analysis and filter design of differential mode EMI noise for gan-based interleaved MHz critical mode PFC converter," in *2014 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2014*, 2014, pp. 4784–4789.
- [23] L. Dong, Y. Ye, and L. He, "A Novel PWM Controller IC for LED Driver with Frequency Spread," in *2010 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, 2010, pp. 1–4.
- [24] S. M. Wu and K. H. Chang, "An LED driver with active EMI mitigation scheme," *Electron Devices Solid State Circuit, EDSSC 2012*, pp. 1–4, Dec. 2012.
- [25] J. Niu, Y. Song, Z. Li, W. A. Halang, D. With, and T. H. E. C. Pwm, "Reducing EMI in Half-Bridge Resonant LED Drivers with Chaos-based PWM," in *Proc. of the 2013 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2013)*, 2013, pp. 637–640.
- [26] J. C. Sprott, "Simplifications of the Lorenz attractor.," *Nonlinear Dynamics. Psychol. Life Sci.*, vol. 13, no. 3, pp. 271–278, 2009.
- [27] S. K. Bhowmick, "How to generate chaotic pulse?," *Int. Journal Nonlinear Sci.*, vol. 17, no. 1, pp. 67–70, 2014.