

Enhancement of Dimmable LED Drivers Utilizing Discontinuous Conduction Mode

Irena Milashevski (Tallinn University of Technology), Olegs Tetervenoks (Riga Technical University – RTU) and Ilya Galkin (RTU)

Keywords – Lighting, regulation, electronic ballast, switched-mode power supply, DC power supply.

I. INTRODUCTION

The most advantageous – fluent (or amplitude) mode light regulation is often provided by an electronic LED ballast (driver) operating in continuous conduction mode (CCM). Quite rare reports dealing with discontinuous conduction mode (DCM) usually focus on grid interfacing problems [6] or on the weight/size optimization [7] of LED drivers. The main aim of the presented research is to determine the controllability parameters of the converter in DCM mode and to compare them with those in CCM and to find the impact of the conduction mode on the losses and efficiency.

II. CONTROLLABILITY IN DCM AND CCM

The controllability of an LED driver is understood as a set of parameters [8] that reflects its capability to control LED current and which are mostly found from the regulation curve of the driver (current vs. duty cycle). At the same time the current is defined by the working point of the driver found as an intersection of its V-A curve and those of LEDs. The generalized idea of this research is to move the boundary line between CCM and DCM so that VA-curve of LEDs is mostly located in DCM operation region of the driver. Then the same values of current require lower duty cycles that make the span of duty cycles wider and control of the driver – easier (Fig. 1.).

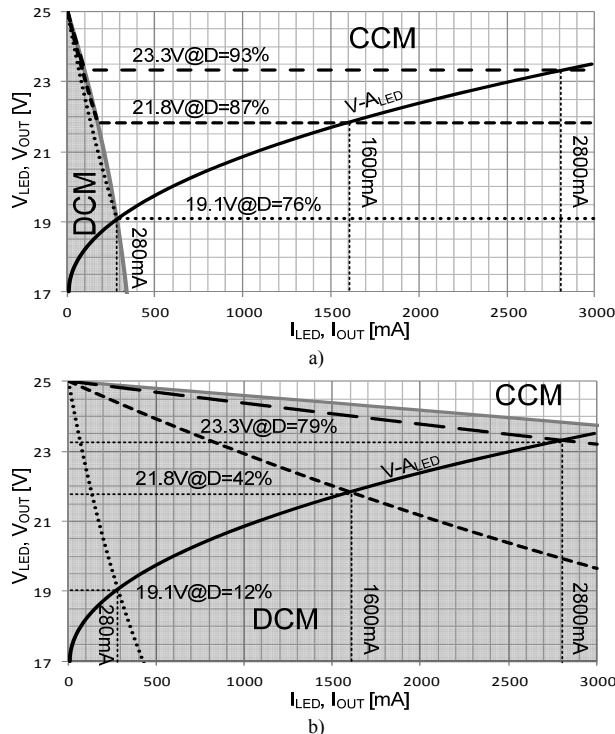


Fig. 1. Calculated operation VA curves of buck LED driver ($V_{IN}=25$ V, load – 7xW724C 23.2 V x 2.8 A \approx 70 W): a) completely in continuous conduction mode; b) completely in discontinuous conduction mode.

TABLE I

SIMULATED PARAMETERS OF CONTROLLABILITY OF LED LAMP

L , μ H	G_{LEDmin}	G_{LEDmax}	RG	NL, %	G_a
1	0.53	1.61	3.03	13.2	1.15
2	0.66	1.25	1.90	6.48	0.94
4	0.73	0.87	1.18	2.10	0.77
10	0.51	0.58	1.13	0.44	0.53
50	0.22	0.24	1.10	0.46	0.23
250	1.20	5.37	4.48	17.7	2.97

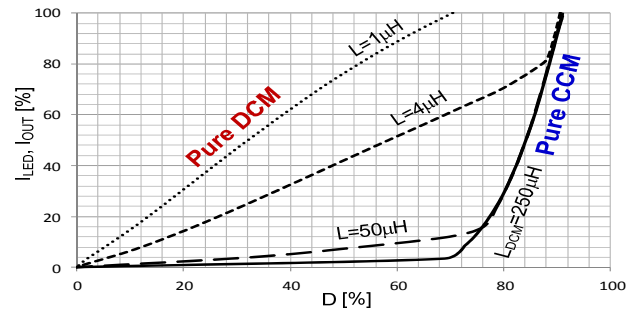


Fig. 3. Measured regulation curves of LED lamp taken in CCM and DCM.

A. Mathematical Model and Simulation of Buck LED Driver

The PSpice simulated controllability parameters of a buck type LED driver at different values of the inductance are presented in Table I. They confirm that the proposed idea of DCM utilization for better controllability seems quite realistic. The lower is inductance the better regulation can be achieved.

B. Experiments and Analysis

The experimentally achieved regulation curves are given in Fig. 3. This figure shows good correspondence of simulated and measured results that also confirm the proposed idea.

IV. CONCLUSIONS

In this paper the operation of LED drivers in DCM have been discussed. The results of simulation and experiments gave opportunity to compare the controllability of buck LEDs driver with different values of inductance. Obviously, smaller inductance leads to DCM. In this mode the dynamic range of relative light output is closer to 1. It can be summarized that from the point of controllability the DCM is preferable. However, the controllability is not the only criterion.

REFERENCES

- [6] Tzuen-Lih Chern; Tsung-Mou Huang; Wen-Yuen Wu; Whei-Min Lin; Guan-Shyong Hwang; , "Design of LED driver circuits with single-stage PFC in CCM and DCM," Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2011 6th IEEE Conference on , vol., no., pp.2358-2363, 21-23 June 2011
- [7] Alonso, J.M.; Gacio, D.; Garcia, J.; Rico-Secades, M.; Dalla Costa, M.A.; , "Analysis and design of the integrated double buck-boost converter operating in full DCM for LED lighting applications," IECON 2011 - 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society , vol., no., pp.2889-2894, 7-10 Nov. 2011
- [8] Galkin, I.; Milashevski, I.; Teteryonok, O.; , "Comparative study of steady-state performance of LED drivers at different modulation techniques," Compatibility and Power Electronics (CPE), 2011 7th International Conference-Workshop , vol., no., pp.382-387, 1-3 June 2011

Regulējamā apgaismojuma LED draivera uzlabošana, izmantojot pārtrauktas strāvas režīmu

Irena Milashevski (Tallinn University of Technology), Olegs Tetervenoks (Riga Technical University – RTU) and Ilya Galkin (RTU)

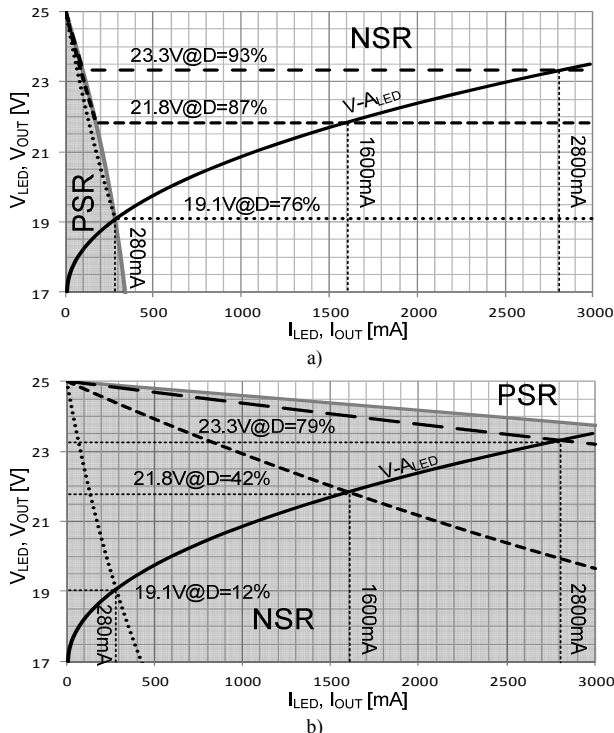
Atslēgvārdi (angl.) – Lighting, regulation, electronic ballast, switched-mode power supply, DC power supply.

I. IEVADS

Visizdevīgāko apgaismojuma regulēšanu – plūstošo (jeb amplitūdas) apgaismojuma regulēšanu parasti nodrošina elektroniskie LED balasti (draiveri), kas darbojas nepārtrauktas strāvas režīmā (NSR). Retie ziņojumi, kas veltīti pārtrauktas strāvas režīmu (PSR) pētījumiem, ir fokusēti uz tīkla saskarnes problēmām [6] vai uz LED draivera svāra/izmēra optimizācijas [7]. Šī pētījuma galvenais mērķis ir noteikt pārveidotāju vadāmības parametrus PSR režīmā un salīdzināt tos ar PSR režīma parametriem, kā arī noteikt šo režīmu ietekmi uz zudumiem un lietderību.

II. VADĀMĪBA PSR UN NSR REŽĪMĀ

Ar LED draivera vadāmību saprot parametru kopu [8], kas atspoguļo draivera spēju regulēt LED strāvu. Parasti šos parametrus atrod no draivera regulēšanas raksturlieknes (strāvas atkarība no aizpildījuma koeficienta). Tajā pašā laikā strāvu nosaka draivera darba punkts, kas ir draivera un LED voltampēru raksturliekņu krustpunkts. Šī pētījuma pamatideja ir nobīdīt robežlīniju starp NSR un PSR režīmiem tā, lai LED voltampēru raksturliekne pārsvarā atrastos draivera pārtrauktas strāvas darbības zonā. Tad tādas pašas strāvas iegūšanai ir nepieciešams mazāks aizpildījuma koeficients, kas paplašina lietderīgi izmantojamu aizpildījuma koeficienta diapazonu un draivera vadību padara vienkāršāku (1. att.).

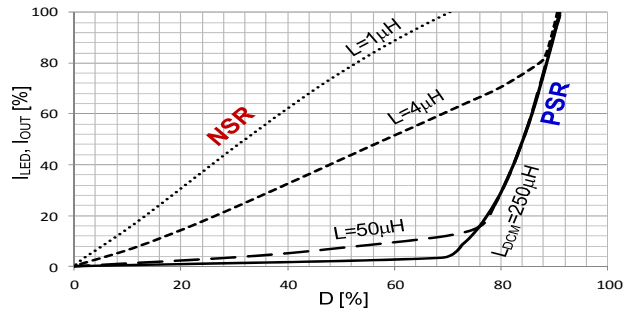


1. att. Aprēķinātās voltampēru raksturlieknes pazeminošās topoloģijas LED draiverim ($V_{IN}=25$ V, slodze – $7 \times W724C$ 23.2 V x 2.8 A ≈ 70 W): a) pilnībā nepārtrauktas strāvas režīmā; b) pilnībā pārtrauktas strāvas režīmā.

1. TABULA

LED GAISMEKĻA MODELĒTIE VADĀMĪBAS PARAMETRI

L, μH	G_{LEDmin}	G_{LEDmax}	RG	NL, %	G_a
1	0.53	1.61	3.03	13.2	1.15
2	0.66	1.25	1.90	6.48	0.94
4	0.73	0.87	1.18	2.10	0.77
10	0.51	0.58	1.13	0.44	0.53
50	0.22	0.24	1.10	0.46	0.23
250	1.20	5.37	4.48	17.7	2.97



3. att. Eksperimentāli iegūtas regulēšanas raksturlieknes NSR, PSR režīmā.

A. Matemātiskais modelis un LED draivera modelēšana

1.tabulā ir apkopoti PSpice modeļa iegūtie vadāmības parametri pazeminošās topoloģijas LED draiverim pie dažādām induktivitātes vērtībām. Šie dati apstiprina izvirzīto ideju un parāda, ka ar PSR režīma izmantošanu ir iespējams sasniegt labākus vadāmības parametrus. Jo mazāka induktivitāte, jo vienkāršāk var veikt regulēšanu.

B. Eksperimenti un to analīze

Eksperimentāli uzņemtās raksturlieknes ir parādītas 3. att. Attēls parāda labu atbilstību starp modelēšanas datiem un eksperimentāliem rezultātiem, kas apstiprina izvirzīto ideju.

IV. SECINĀJUMI

Šajā rakstā tiek apspriesta LED draivera darbība pārtrauktas strāvas režīmā. Modelēšanas rezultāti un eksperimentālie mērījumi deva iespēju salīdzināt pazeminošās topoloģijas LED draivera vadāmības parametrus pie dažādām induktivitātes vērtībām. Ir acīmredzams, ka mazāka induktivitāte noved pie PSR režīma. Šajā režīmā relatīvās gaismas atdeves dinamiskais diapazons ir tuvāks 1. Var secināt, ka no vadāmības viedokļa PSR režīms izdevīgāks. Tomēr vadāmība nav vienīgais kritērijs.

LITERATŪRA

- [6] Tzuen-Lih Chern; Tsung-Mou Huang; Wen-Yuen Wu; Whei-Min Lin; Guan-Shyong Hwang; , "Design of LED driver circuits with single-stage PFC in CCM and DCM," Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2011 6th IEEE Conference on , vol., no., pp.2358-2363, 21-23 June 2011
- [7] Alonso, J.M.; Gacio, D.; Garcia, J.; Rico-Secades, M.; Dalla Costa, M.A.; , "Analysis and design of the integrated double buck-boost converter operating in full DCM for LED lighting applications," IECON 2011 - 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society , vol., no., pp.2889-2894, 7-10 Nov. 2011
- [8] Galkin, I.; Milashevski, I.; Teteryonok, O.; , "Comparative study of steady-state performance of LED drivers at different modulation techniques," Compatibility and Power Electronics (CPE), 2011 7th International Conference-Workshop , vol., no., pp.382-387, 1-3 June 2011

Использование режима прерывистого тока для улучшения характеристик драйверов светодиодов

Irena Milashevski (Tallinn University of Technology), Olegs Tetervenoks (Riga Technical University – RTU) and Ilya Galkin (RTU)

Ключевые слова (англ.) – Lighting, regulation, electronic ballast, switched-mode power supply, DC power supply.

I. ВВЕДЕНИЕ

Метод плавного регулирования света светодиодов часто обеспечивается драйверами, работающими в режиме непрерывного тока (РНТ). Режим прерывистого тока (РПТ) рассматривается реже и в основном с точки зрения сетевых параметров [6] или оптимизации веса/габаритов драйверов [7]. Целью данного исследования является определение влияния РПТ на управляемость драйверов светодиодов, а также на их потери энергии.

II. УПРАВЛЯЕМОСТЬ В РНТ И РПТ

Управляемость светодиодного драйвера понимается как совокупность его параметров [8], которые выражают его способность менять ток светодиода. Они могут быть найдены при помощи кривой регулирования (ток, как функция коэффициента заполнения КЗП). Одновременно рабочий ток драйвера и светодиодов определяется точкой пересечения их вольт-амперных характеристик. Смысл этого исследования состоит в перемещении границы между РНТ и РПТ так, чтобы вольт-амперная кривая светодиодов располагалась в области РПТ. Тогда такие же значения тока требуют меньших КЗП, что делает диапазон КЗП шире и управляемость - лучше (рис. 1.).

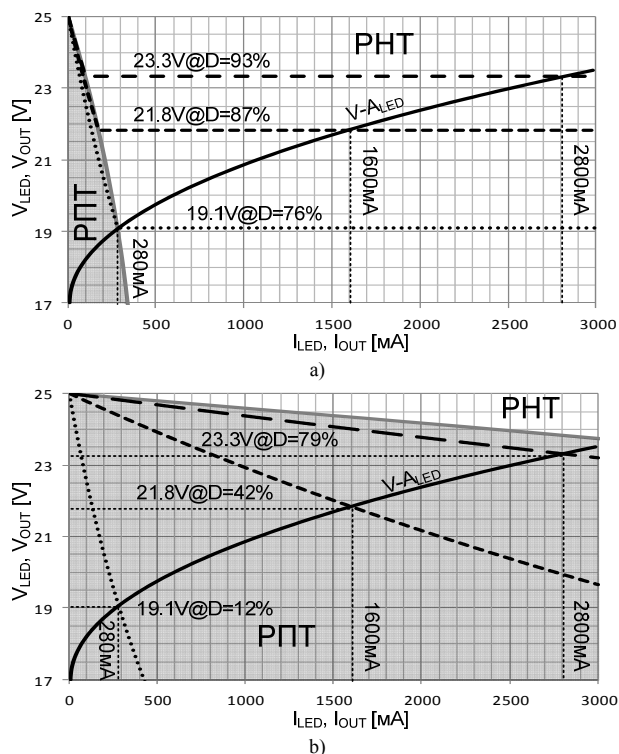


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики понижающего светодиодного драйвера ($V_N=25$ V, нагрузка – 7 светодиодов типа W724C 23.2 V x 2.8 A ≈ 70 W): а) в режиме непрерывного тока; б) в режиме прерывистого тока.

ТАБЛИЦА I

SIMULATED PARAMETERS OF CONTROLLABILITY OF LED LAMP

L, мкH	G _{LEDmin}	G _{LEDmax}	RG	NL, %	G _а
1	0.53	1.61	3.03	13.2	1.15
2	0.66	1.25	1.90	6.48	0.94
4	0.73	0.87	1.18	2.10	0.77
10	0.51	0.58	1.13	0.44	0.53
50	0.22	0.24	1.10	0.46	0.23
250	1.20	5.37	4.48	17.7	2.97

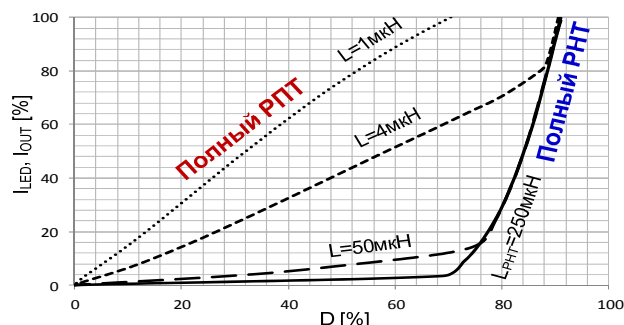


Рис. 3. Измеренные кривые регулирования пон. светодиодного драйвера.

A. Модель понижающего светодиодного драйвера

Результаты моделирования драйвера в PSpice приведены в таблице I. Они подтверждают, что предлагаемая идея использования РПТ является реалистичной. Лучшая управляемость может быть достигнута при уменьшении индуктивности драйвера.

B. Эксперименты и анализ

На рис. 3 даны экспериментально полученные кривые регулирования, показывающие соответствие расчетов и измерений и подтверждающие предложенную идею.

IV. Выводы

В статье рассмотрена управляемость светодиодных драйверов в РПТ. Моделирование и тестирование дали возможность понижающего драйвера при различных значениях индуктивности показало, что в РНТ динамический диапазон относительной светоотдачи приблизительно равен 100%. Можно сделать вывод, что с точки зрения управляемости режим РПТ является предпочтительным. Однако управляемость не является единственным критерием, что должно учитываться.

ЛИТЕРАТУРА

- [6] Tzuen-Lih Chern; Tsung-Mou Huang; Wen-Yuen Wu; Whei-Min Lin; Guan-Shyong Hwang; , "Design of LED driver circuits with single-stage PFC in CCM and DCM," Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2011 6th IEEE Conference on , vol., no., pp.2358-2363, 21-23 June 2011
- [7] Alonso, J.M.; Gacio, D.; Garcia, J.; Rico-Secades, M.; Dalla Costa, M.A.; , "Analysis and design of the integrated double buck-boost converter operating in full DCM for LED lighting applications," IECON 2011 - 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society , vol., no., pp.2889-2894, 7-10 Nov. 2011
- [8] Galkin, I.; Milashevski, I.; Teteryonok, O.; , "Comparative study of steady-state performance of LED drivers at different modulation techniques," Compatibility and Power Electronics (CPE), 2011 7th International Conference-Workshop , vol., no., pp.382-387, 1-3 June 2011