

STARTPROBLEME BEI LED-LEUCHTEN VERMEIDEN

Wie funktioniert der Betrieb von integrierten DC/DC-LED-Treibern in Beleuchtungsanwendungen und welche Parameter sind bei der Auswahl des speisenden LED-Netzteils zu berücksichtigen? Der Artikel stellt die möglichen Probleme und Lösungen dafür dar.

Die Ansteuerung eines LED-Moduls erfolgt in der Regel durch drei mögliche Betriebsarten:

1. Ein Konstantstrom-LED-Netzteil (CC = Constant Current) wird direkt an die LED angeschlossen, wobei der Ausgangsstrom des LED-Netzteils die Lichtintensität bestimmt.
2. Ein Konstantspannungs-LED-Netzteil (CV = Constant Voltage) mit 12 oder 24 V wird an LED-Module mit integriertem Vorwiderstand oder einfacher Strombegrenzungsschaltung angeschlossen. Dabei definiert der Widerstand oder Strombegrenzer den Strom durch die LEDs und somit die Lichtstärke.
3. Eine Kaskadenschaltung einer CV-Stromversorgung und eines DC/DC-LED-Treibers kommt zum Einsatz. Hier bestimmt allein der DC/DC-LED-Treiber den Ausgangsstrom und die Lichtstärke.

Bei den ersten beiden Varianten werden die Netzteile direkt mit dem LED-Board verbunden, ohne dass dazwischen eine aktive Umwandlung stattfindet. Die Auswahl der geeigneten Stromversorgung ist hier je nach Anwendung relativ einfach, sie

erfolgt mit der Bestimmung des richtigen Ausgangsstroms oder der richtigen Ausgangsspannung des LED-Netzteils. Die dritte Variante beinhaltet jedoch einen zwischengeschalteten aktiven DC/DC-Wandler, auch DC/DC-LED-Treiber genannt, was im ungünstigsten Fall gewisse Kompatibilitätsprobleme mit sich bringen kann.

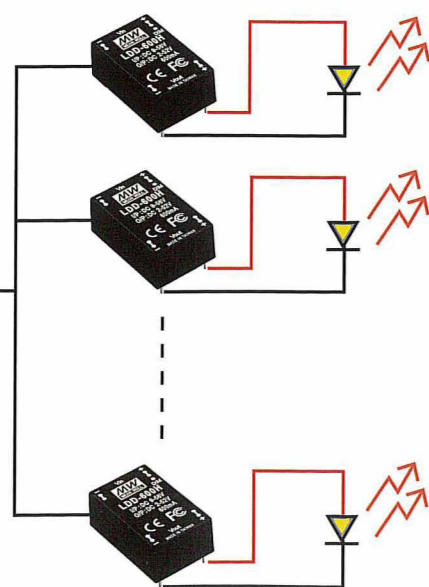
DC/DC-LED-Treiber arbeiten mit drei möglichen Betriebsarten: Buck-Konverter (Abwärtswandlung), Boost-Konverter (Aufwärtswandlung) und Buck-Boost-Konverter, welche die Spannung aufwärts oder abwärts wandeln können. Unabhängig davon, um welche Art von Wandlern es sich handelt, verfügen die meisten von ihnen über einen weiten Eingangsspannungsbereich. Innerhalb dieses Bereichs wandelt der DC/DC-Wandler die Eingangsleistung in den benötigten Ausgangsstrom und die gewünschte Ausgangsspannung um. Bei konstanter Last bleibt auch die Eingangsleistung konstant. Der Eingangsstrom des Wandlers fällt bei konstanter Eingangsleistung umso geringer aus, je höher die Eingangsspannung ist bzw. umgekehrt. Die Formel für die Leistungsumwandlung sieht so aus:

$$\frac{\text{Output Voltage} \times \text{Output Current}}{\text{Efficiency}} = \text{Input Voltage} \times \text{Input Current}$$

Handelsübliche DC-betriebene LED-Leuchten, wie etwa Deckenstrahler, sind oftmals mit DC/DC-LED-Treibern ausgestattet. In der technischen Dokumentation dieser Produkte ist normalerweise eine feste Eingangsspannung angegeben, etwa 24 VDC. Je nach verwendetem DC/DC-LED-Treiber in der Leuchte kann der tatsächliche Arbeitsspannungsbereich jedoch größer als die angegebene Nennspannung sein. Zu beachten ist dies nicht nur bei der Installation fertiger Produkte, sondern auch beim Aufbau einer neuen Schaltung mit speisendem CV-LED-Netzteil und DC/DC-LED-Treiber.

Zur Erklärung der Funktionsweise dient im Folgenden der DC/DC-Wandler LDD-350H des Herstellers MEAN WELL. Dieser DC/DC-Wandler versorgt seine LED-Last mit 350 mA Konstantstrom. Der Eingangsspannungsbereich beträgt 9 bis 56 VDC und der Ausgangsspannungsbereich, der sich auf die LED-Vorwärtsspannung bezieht, 2 bis 52 VDC. Da es sich um einen Abwärtswandler handelt, sollte die Eingangsspannung gemäß der Spezifikation um rund 3 V höher als die

► Bild 2: Konstantspannungs-LED-Netzteil HLG-320H von Mean Well mit nachgeschaltetem DC/DC-LED-Treiber und n-LED-Leuchten als Last.



Ausgangsspannung ausfallen. Das bedeutet, wenn die Vorwärtsspannung der angeschlossenen LED 9 V beträgt, kann der LDD-350H bei jeder Eingangsspannung zwischen 12 und 56 VDC arbeiten. Eine derart aufgebaute Leuchte mit diesem Wandler könnte ihre Eingangsspannung sehr wahrscheinlich als 24-VDC-Eingang spezifizieren, da auf dem Markt üblicherweise 24-V-Netzteile erhältlich sind. (Bild 1)

Bei unzureichender Angabe von technischen Daten an der Leuchte oder bei Verwendung eines nicht geeigneten CV-LED-Netzteils zur Versorgung könnte der Systeminstallateur potenzielle Kompatibilitätsprobleme erfahren und mögliche Fehlerbilder wie Blinken, eine reduzierte Lichtleistung oder ein gänzlich nicht funktionierendes System erhalten. Diese Phänomene können mit dem transienten Verhalten beim Einschalten des Netzteils und dem Startverhalten des DC-DC-Wandlers zusammenhängen.

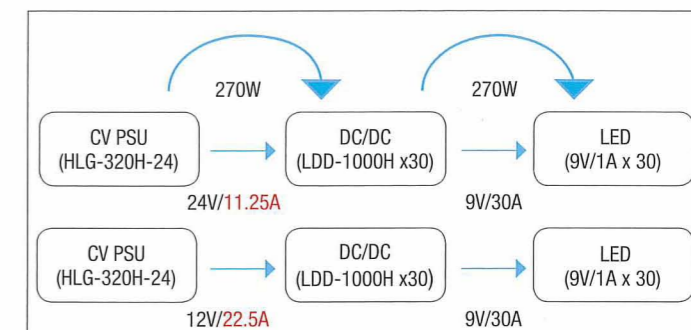
Fall 1: Netzteil mit zu geringem Strom bei niedriger Ausgangsspannung

Eine typische Installation mit dem DC/DC-LED-Treiber LDD-1000H von Mean Well ist in Bild 2 dargestellt. Bei einer angenommenen LED-Spezifikation von 9 V und 1 A ergibt sich bei 30 angeschlossenen LED-Leuchten eine Leistungsaufnahme von insgesamt 270 Watt. Wenn bei den verwendeten LED-Leuchten eine 24-V-Versorgungsspannung empfohlen wird, ließe sich in diesem Fall als speisendes LED-Netzteil ein HLG-320H-24 wählen. Die Spezifikation dieses Netzteils weist eine Ausgangsleistung von 320 W bei einem Ausgangsstrom von 13,34 A auf. Somit scheint das die richtige Wahl bei dem gezeigten 24V/270W-Beleuchtungssystem inklusive eines Leistungspuffers zu sein.

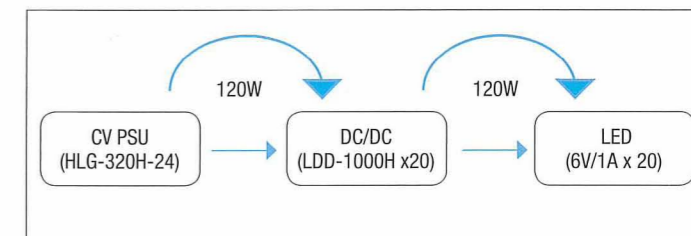
In dieser Konfiguration beginnt der LDD-1000H jedoch zu arbeiten, wenn die Eingangsspannung über 12 V liegt. Weist das Netzteil nach dem Anlegen der 230-VAC-Versorgungsspannung in seiner Startphase einen langsameren DC-Spannungsanstieg am Ausgang im Vergleich zur Startzeit des DC/DC-Wandlers auf, kann es sein, dass der DC/DC-Wandler bereits die volle Ausgangsleistung liefert, bevor die Ausgangsspannung des Netzteils auf den Nennwert von 24 V angestiegen ist. In einem solchen Fall ist die Eingangsspannung am Wandler niedrig und der DC/DC-Wandler versucht, der angeschlossenen Last die volle Leistung bereitzustellen. Dann müsste das Netzteil einen höheren Strom als erwartet zur Verfügung stellen und würde in eine Überlastsituation geraten, die Schutzschaltung (Hiccup-Modus) würde die Ausgangsspannung gegen 0 V ziehen. Der zu liefernde Strom ergibt sich aus der Eingangsspannung am DC/DC-LED-Treiber und überlastet das HLG-320H-24 deutlich. In einer idealen Darstellung ohne Leistungsverluste benötigt ein DC/DC-LED-Treiber bei halbiertem Eingangsspannung also den doppelten Strom. (Bild 3)

Fall 2: Ausgangsspannung des Netzteils außerhalb des Arbeitsbereichs

In einem weiteren Beispiel mit dem DC/DC-LED-Treiber LDD-1000H beträgt die LED-Spannung 6 V und der Gesamtstrom 20 A. Auch hier wird der DC/DC-Abwärtswandler, wenn er eine schnellere Startzeit als die Anstiegszeit der



▲ Bild 3: Vergleich von DC/DC-Eingangsspannung und -strom bei gleicher Leistungsübertragung.



▲ Bild 4: Wenn der DC/DC-Wandler vor oder bei Erreichung von 9-V-Eingangsspannung die LED versorgt, geht der HLG-320H aufgrund der zu niedrigen Ausgangsspannung in die Schutzschaltung (Hiccup-Modus).

DC-Ausgangsspannung des Netzteils aufweist, bei ungefähr 9 V anfangen zu arbeiten – also bevor der Nennausgangsspannungspegel des Netzteils erreicht wird. Der DC/DC-Wandler startet dann bei niedriger Eingangsspannung und zieht einen entsprechend hohen Strom aus dem Netzteil. In diesem Beispiel würde der benötigte Strom das Netzteil nicht überlasten.

Durch die Entnahme des maximalen Stroms mit 13,34 A geht das Netzteil jedoch in die Strombegrenzung und daher in den Konstantstrom-Modus über. Beim LED-Netzteil HLG-320H-24 beträgt der Ausgangsspannungsbereich im Konstantstrombereich aber 12 bis 24 V, dementsprechend liegen 9 V unterhalb des ausgewiesenen Arbeitsbereichs. Die Folge: Das Netzteil geht auch hier in den Hiccup-Modus, eine Schutzfunktion, bei der das Netzteil nach einer Fehlererkennung ab- und wieder anschaltet. Nach einigen Hiccup-Zyklen kann es passieren, dass die Stromversorgung schließlich einen betriebsfähigen Bereich erreicht und die Leuchte schlussendlich korrekt arbeitet. (Bild 4)

Anhand beider Fälle lässt sich festhalten, dass die Startprobleme mit dem DC/DC-Wandler hauptsächlich mit seinem tatsächlichen Arbeitsbereich zusammenhängen. Bei niedriger Start-Spannung arbeitet die Stromversorgung möglicherweise nicht im erwarteten Zustand und verursacht daher verschiedene Startprobleme. (Bild 5)

Lösungen für Startprobleme

Zeigen sich derartige Startprobleme, stehen unterschiedliche Lösungsansätze zur Wahl.

1. Einen DC/DC-Wandler mit Softstart- oder verzögerter Startfunktion wählen:

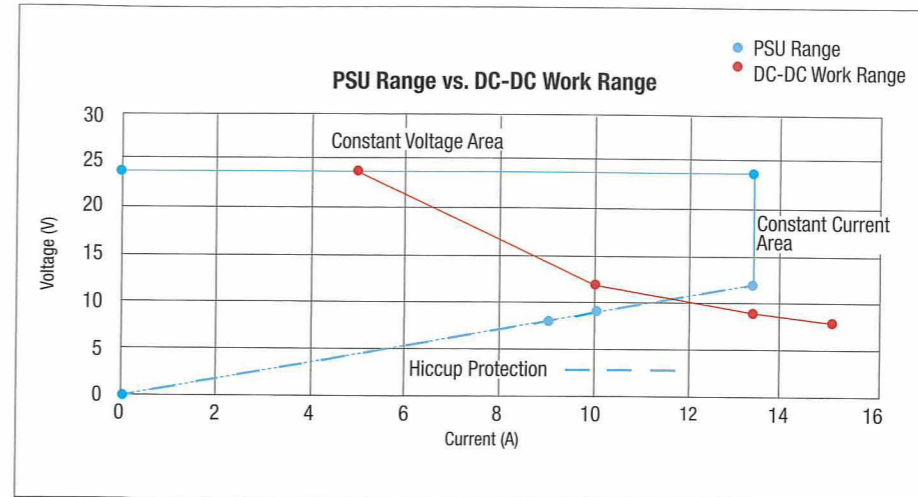
Ein DC/DC-Wandler mit Softstart erhöht die Ausgangsleistung nach dem Einschalten allmählich auf das spezifizierte Niveau. Damit lässt sich der Strombedarf in der Startphase ausreichend reduzieren und ein Anlauffehler der vorgeschalteten Stromversorgung verhindern. DC/DC-LED-Treiber mit Startzeitverzögerung senken den Einschaltstromstoß nicht. Sie können jedoch verhindern, dass ein Kompatibilitätsproblem durch nicht-harmonisierte Startzeiten entsteht, da der Wandler durch die Anlaufverzögerung nur dann Leistung aufnimmt, wenn die Versorgungsspannung vollständig zur Verfügung steht. Laut der noch bis Ende August 2021 gültigen ERP-Ökodesign-Richtlinie für LED-Netzteile (EU) Nr. 1194/2012 darf die Startzeit einer AC/DC-LED-Stromversorgung nicht mehr als 500 ms betragen. Ein versetztes Zuschalten des DC/DC-Wandlers um 500 ms würde das Problem somit ebenfalls umgehen.

2. Sekundär schalten:

Bei einem geringen Standby-Verbrauch des verwendeten AC/DC-LED-Netzteils, der ebenfalls in der Ökodesign-Richtlinie festgelegt ist, kann das Einschalten des Lichtsystems statt über die AC-Seite auch auf der sekundären DC-Seite des Netzteils erfolgen. Zudem lässt sich, sofern vorhanden, eine Remote-Funktion am DC/DC-LED-Treiber zum Schalten nutzen. Erfolgt das Ein- bzw. Zuschalten des DC/DC-LED-Treibers erst, wenn die Stromversorgung erfolgreich die korrekte Ausgangsspannung hergestellt hat, löst sich das Startproblem. Das ist immer dann gewährleistet, wenn das Netzteil dauerhaft mit dem Niederspannungsnetz verbunden ist.

ORDER NO.		LDD-300H □	LDD-350H □	LDD-500H □	LDD-600H □	LDD-700H □	LDD-1000H □	LDD-1200H Δ	LDD-1500H Δ	
OUTPUT	CURRENT RANGE	300mA	350mA	500mA	600mA	700mA	1000mA	1200mA		
	VOLTAGE RANGE <small>Note.4</small>	2 ~ 52 VDC								
	CURRENT ACCURACY (Typ.)	±3% at 24VDC input; ±4% at 48VDC input for LDD-H/HW; ±5% for LDD-HS								
	RIPPLE & NOISE (max.) <small>Note.2</small>	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	200mVp-p	200Vp-p	350mVp-p	350mVp-p	350mVp-p	
	SWITCHING FREQUENCY	40KHz ~ 1000KHz								
	EXTERNAL CAPACITANCE LOAD (max.)	2.2uF								
INPUT	VOLTAGE RANGE	9 ~ 56VDC								
	EFFICIENCY (max.)	97% at full load and 36VDC/48VDC input for LDD-H/HW; 96% at full load and 36VDC/48VDC input for LDD-HS								
	DC CURRENT <small>Note.3</small>	Full load	270mA	320mA	450mA	550mA	650mA	900mA	1100mA	1360mA
		No load	5mA							
FILTER	Capacitor									
PWM DIMMING & ON/OFF CONTROL	REMOTE ON/OFF	Leave open if not use								
		Power ON with dimming: DIM ~ -Vin>2.5 ~ 6VDC or open circuit								
		Power OFF: DIM ~ -Vin < 0.8VDC or short								
	PWM FREQUENCY	100 ~ 1kHz								
QUIESCENT INPUT CURRENT IN SHUTDOWN MODE (max.)	1mA at PWM dimming OFF and 24VDC input									
Note	1. All parameters are specified at normal input (48VDC), rated load, 25°C 70% RH ambient. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz by using as 12" twisted pair terminated with a 0.1 uF capacitor. 3. Test condition: 48 VDC input. 4. Output voltage will always step down by 3 volts from input DC voltage. 5. The output of LDD-H should not be connected to the input of the same unit or output from other sources.									

▲ Bild 1: Auszug aus dem Datenblatt der LDD-H Serie von Mean Well.



▲ Bild 5: Betriebsbereich von HLG-320H-24 (blau) im Vergleich zur DC/DC-Wandler-Betriebskennlinie 120 Watt (orange).

3. Eine alternative CV-Stromversorgung wählen:

Die pragmatischste Lösung besteht darin, den Ausgangsstrom des Netzteils dem tatsächlichen Spitzenstrom während der Startphase anzupassen. Um den Ausgangsstrom zu erhöhen, lässt sich theoretisch einfach die Leistung des Netzteils erhöhen, etwa durch den Tausch des Netzteils HLG-320H-24 mit 13,34 A in das leistungsstärkere HLG-480H-24 mit 20 A Ausgangsstrom. Diese Lösung verursacht jedoch zusätzliche Kosten und kommt daher nur bedingt in Frage.

Eine Alternative ist die Verringerung der Ausgangsspannung des Netzteils bei gleicher Leistung, solange die gewählte Ausgangsspannung innerhalb des Arbeitsbereichs des DC/DC-Wandlers liegt – beispielsweise durch einen Tausch des HLG-320H-24 (13,34 A) zu HLG-320H-12 (22 A).

Einige Stromversorgungen bieten sogenannte Peak- oder Boost-Funktionen an und können höhere Leistungen für Spitzenlasten liefern. Ist die Verwendung alternativer Stromversorgungen bedingt durch die Abmessungen oder sonstige Parameter sowie eine Anpassung des verwendeten LED-Moduls nicht möglich, kann eine Modifizierung des Triggerpunktes der Schutzschaltung in Betracht gezogen werden.

Fazit

Um die beschriebenen Fehler zu vermeiden, ist bei der Auswahl der geeigneten Komponenten für LED-Beleuchtungsanwendungen die Abstimmung von LED, DC/DC-LED-Treiber und LED-Netzteil entscheidend. Zudem kommt es auf die Wahl einer qualitativ hochwertigen LED-AC/DC-Stromversorgung sowie eines DC/DC-LED-Treibers an. Diese führt der Hersteller Mean Well, der über 35 Jahre Erfahrung in der Entwicklung und Produktion von Stromversorgungen für unterschiedlichste Beleuchtungsapplikationen besitzt, im Portfolio. Erhältlich sind die Netzteile des Herstellers ab Lager über den Distributor Schukat electronic, einem der größten europäischen Mean Well-Distributoren. Das technische Vertriebsteam von Schukat berät auch bei kundenspezifischen Fragen rund um das Thema LED-Stromversorgung und darüber hinaus.

Frank Stocker, Field Application Engineer Power Supplies bei Schukat electronic