

Whitepaper / Pressemitteilung

Erschienen in: E&E Kompendium 2013, S. 237

Stromversorgung & Leistungselektronik | Rev01 überarbeitete Text-Version 02.03.2015

Hohe Einschaltströme verhindern

In lichttechnischen Anlagen kommen bereits in mittleren Installationen größere Mengen von Vorschaltgeräten zum Einsatz. Diese Geräte verursachen beim Einschalten jedoch hohe Ströme. Elektronische Einschaltstrom-Begrenzer helfen, diese zu unterdrücken.

* Text: Oliver Walter Fotos: Camtec Power Supplies GmbH

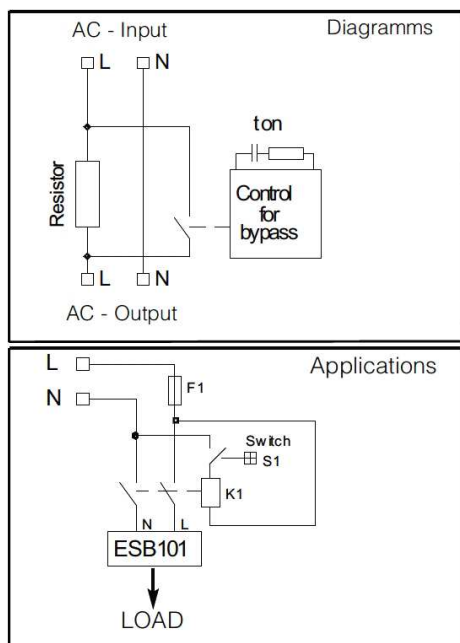
Fragestellung

Die Anzahl möglicher Vorschaltgeräte (VG), die an einem Leitungsschutzschalter (LS) betrieben werden können, ist begrenzt. Nicht die Summe der Nennstromaufnahme bestimmt die Menge an anschließbaren VG, sondern die Summe von deren Einschaltströmen. Die Folge ist ein außergewöhnlich hoher Installationsaufwand an Verkabelung und der Einsatz teurer Schütze mit aufwändiger Ansteuerung. Die Lebensdauer von Relais in Multiplexer und von Schützen ist begrenzt, und die Anlaufströme belasten die Kontakte stark. Durch das Einschleifen elektronischer Einschaltstrombegrenzer (ESB) werden hohe Einschaltströme wirkungsvoll unterdrückt. Während des Einschaltmoments begrenzen diese Geräte den so genannten Peak-Inrush erzwungen auf einen vorgegebenen Wert. Die Strombegrenzungszeit eines ESB101/ESB201 ist auf das Startverhalten eines üblichen Vorschaltgerätes abgestimmt. Nach Ablauf einer Zeit Ton wird die Strombegrenzung über ein internes Relais umgangen, und die Verbraucher sind direkt mit dem Netz verbunden. Die geringere Anzahl an benötigten LS, der kleinere Verdrahtungsaufwand und die Reduktion an Kupferleitung ermöglichen große Kostenersparnisse. Beispielsweise ergeben sich für einen Tagungsraum von 300 qm und normgerechter LED-Ausleuchtung mehrere Tausend Euro Kostenvorteil. Die notwendigen Einschaltstrombegrenzer liegen bei rund zehn Prozent der gesamten Einsparungen.

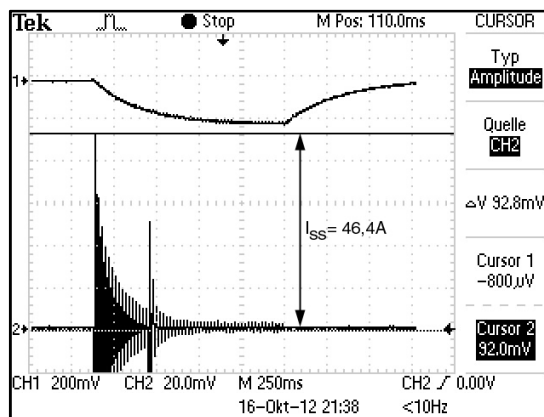
Technische Grundlagen

Ein Osram EVG 40/1 besitzt eine Nennstromaufnahme (Effektivstrom) von lediglich 0,233 A. Der Anlaufstrom erscheint mit 1,92 A auf den ersten Blick gering zu sein. Bedenkt man jedoch, dass diese EVG für ein bis zwei Leuchtstofflampen eingesetzt werden, treten die EVG in vielen Beleuchtungsanlagen in großer Zahl auf. Die Summe der möglichen Einschaltströme ist als extrem zu bezeichnen. Nicht besser sieht es bei typischen LED-Netzteilen aus. Die Nennstromaufnahme eines 100W Netzteils ist bei Vollast mit rund 0,6 A zu beziffern. Der Einschaltstrom liegt bei üblicherweise mehr

als 40 A. Extrem lässig ausgelegte Geräte erreichen bei einem 40W Netzteil deutlich höhere Spitzenwerte. Die Ströme werden fast immer bei 25°C Raumtemperatur angegeben. Interpretiert man die Datenblätter richtig, bezieht sich die Angabe nur auf den Kaltstart des VG und nicht auf den Warmstart. Ein Leitungsschutzschalter (LS) B16A mit Kennlinie B und 16A Nennstrom verträgt einen Einschaltstrom von 3x bis 5x Inenn (magnetischer Kurzschlussauslöser oder Mehrfaches des Nennstromes). Ein Automat mit C16A Charakteristik verträgt den maximal zehnfachen Nennstrom. Rechnerisch können an einen B16A maximal zwei 100W LED-Netzteile oder 41 EVG40/1 angeschlossen werden; an einen C16A Automat meist nur vier 100W LED-Netzteile oder 82 EVG40/1. In der Praxis werden es rund 4 und 8 Netzteile sein, da die Einschaltströme, die durch das Laden der Eingangskondensatoren der LED-Treiber entstehen, nur von sehr kurzer Dauer sind und damit noch innerhalb der Kennlinie der LS liegen werden. Die meisten LED-Netzteile besitzen einen internen Heißeleiter (NTC) als Einschaltstrombegrenzer. Deshalb verändert sich der Einschaltstrom im laufenden Betrieb. Die Erwärmung eines NTC reduziert seinen Innenwiderstand derart, dass der Anlaufstrom noch deutlich ansteigt. Bei einem Einbauort an einer Hallendecke erlebt das Netzteil Umgebungstemperaturen von rund 40 °C. Im Gerät wird die Temperatur rund 20°C höher sein. Nehmen wir an, man könnte so viele EVG oder LED-Netzteile anschließen wie es die Nennstromaufnahme der Verbraucher bei einer Allgemeinstrom-Versorgung mit 230V und 16A zulässt. An einen B16A könnten 68 Osram EVG 40/1 oder 26 100W LED-Netzteile angeschlossen werden. Ein Camtec ESB101.16 Einschaltstrombegrenzer begrenzt den Anlaufstrom auf genau 16A(peak). Die Genauigkeit beträgt hierbei ±6 Prozent. Es ist unerheblich, wie oft der ESB bereits betätigt wurde oder ob -40 oder 70 °C Betriebstemperatur am Einbauort herrschen. Die Genauigkeit eines Camtec ESB wird hierdurch nicht beeinflusst.



Blockschaltbild ESB101 & ESB201

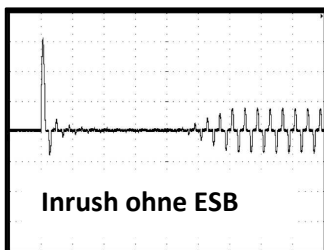


**Begrenzungsverhalten eines ESB101/201
Modells der Ausführung LED bei 230Vac AC
Netzwerken mit einer Toleranz von 6%
inklusive Temperaturdrift**

Das richtige ESB für lichttechnische Anlagen: Vor vielen Transformatoren als induktive Lasten wurden Strombegrenzer oder so genannte Anlaufstromverhinderer vorgesehen. Deren Prinzip eines Heißleiters (NTC) als Begrenzer oder das Einschalten im Nulldurchgang der ansteigenden Sinushalbwellen des AC-Netzes ist seit Langem bekannt. Eine traditionelle NTC-Lösung hat aber einen großen Nachteil. Mit der Erwärmung des NTCs durch mehrmaliges Betätigen oder durch die am Einbauort herrschende Betriebstemperatur reduziert sich dessen Widerstandswert. Der Einschaltstrom steigt mit geringerem Widerstand. Ein EVG ist eine teilinduktive Last, ein LED-Netzteil ist eine rein kapazitive Last. Weder ein Nulldurchgangsschalter noch eine normale Bypass-Schaltung dürfen aus sicherheitstechnischen Gründen ohne weiteres an kapazitiven Lasten betrieben werden. Sollte das im Gerät verbaute Relais im Fehlerfall in der Begrenzungsschaltung hängen bleiben, erwärmt sich die verbaute Widerstandskette derart, dass es zu einer Entflammung der Bauteile kommen kann. Ein ESB101/ESB201 wird daher intern temperaturüberwacht. Die verbauten Relais sind mit speziell beschichteten Kontakten ausgestattet. Sie müssen in der Lage sein, im Schaltmoment mehr als 160 A zu verkraften. Handelt es sich beim Verbraucher beispielsweise um LED-Netzteile oder EBGs an Relais Multiplexer, darf es unter keinen Umständen zu einem Verkleben der Kontakte in der Begrenzungsstellung kommen. Das im AC-Kreis befindliche ESB muss in der Lage sein, den Nennstrom der gesamten Installation dauerhaft zu verkraften. Die Grundanforderung in der Haustechnik ist 16 A dauerhafter Nennstrom bei 230VAC Nennspannung, also mindestens 3.680 W Dauerlast. Die Produkt-Anforderungen an ein ESB sind hoch. Kommt es zu einem Ausfall, ist in der Regel ein ganzes Gewerk betroffen. Ein Camtec ESB101 & ESB201 hat z. B. einen Betriebstemperaturbereich von -40 bis +70 °C ohne Derating (Leistungsreduktion). Neben einem guten Temperaturverhalten ist es sehr wichtig, dass ein ESB Stoß, Schock und Vibration verträgt.

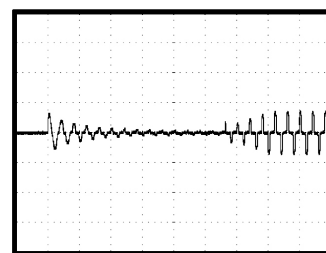
Die Wirkweise von Camtec ESB verstehen

Installationen an Bahnlinien, Verkehrsadern, in Masten oder an hohen Gebäuden und in Deckenkonstruktionen von Hallen, geben Anlass zu einer genauen Betrachtung. In hohen Hallen beeinflussen Frequenzen aus verschiedenem Lärm sogar die Statik eines gesamten Gebäudes. Wirkweise und Dimensionierung von ESB Bei der Dimensionierung eines für kapazitive Lasten zugelassenen Einschaltstrombegrenzer spielt die Summe der Anlaufströme der angeschlossenen

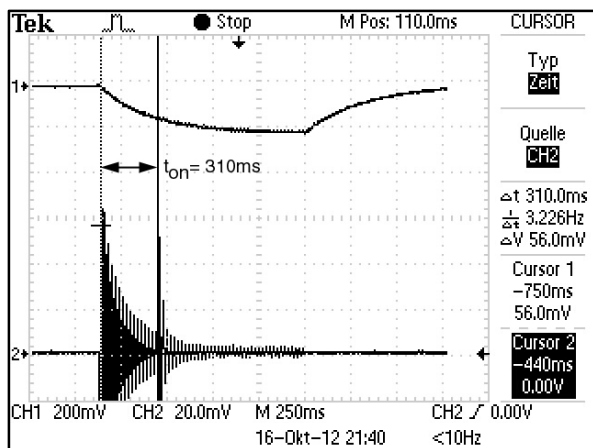


Verbraucher keine Rolle – selbst wenn die angeschlossenen Verbraucher z.B. 10.000 A Anlaufstrom verursachen. Der Spitzenstrom wird immer erzwungen im Toleranzbereich des ESB liegen (z.B. ESB101 ±6 Prozent inklusive Drift). Der wichtigste Faktor beim Design-In eines ESB ist dessen maximal verträgliche Lastkapazität. Sie wird durch die interne Begrenzungsschaltung bestimmt. Die Lastkapazität reicht bei einem ESB101.16 mit 16A Peak von 1.500 bis zu 4.000uF bei einem ESB101.33

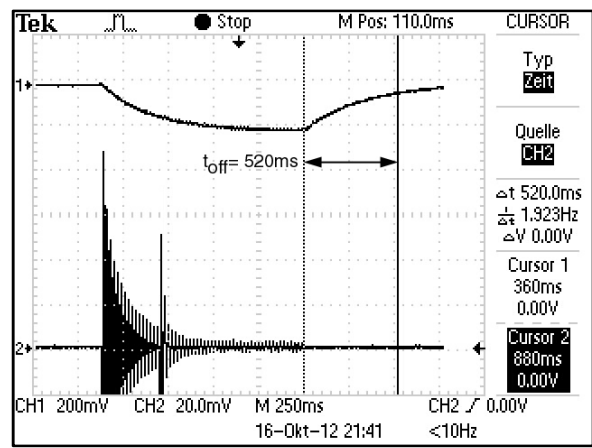
mit 33 A Begrenzung. Ein ESB101/201 LED hat sogar 6000uF mögliche Lastkapazität. Die LED Typen sind daher die Allroundbegrenzer. Deren ingenieurtechnische Auslegung ist so dimensioniert, dass beim Anschluss konventioneller LED-Netzteile meist eher die maximale Leistungsgrenze von 3680W im Lichtnetz erreicht wird, anstatt dass die maximale Lastkapazität der EDB.LED-Modelle erreicht wird. Ausnahmen bilden lediglich professionelle Hochlast-Konstanter aus dem



Industriebereich (Zum Bsp. die programmierbaren Camtec HSEUireg oder die Camtec HPV Hochvolt-Modelle). Die Lastkapazität einer kapazitiven Last (LED-Netzteil) oder einer teilkapazitiven Last (EVG und KVG) wird durch deren Eingangs-Kondensatoren bestimmt. Die Summe aller Eingangskapazitäten im Netzwerk, ergibt die gesamte Lastkapazität. Bei der Auswahl eines ESB kommt es zusammenfassend auf drei Größen an: die maximal anschließbare Lastkapazität, die Summe der Nennströme der Verbraucher und die Charakteristik der vorgeschalteten Sicherungen. Um die Möglichkeiten eines ESB in einer Installation voll ausschöpfen zu können, muss man verstehen, wie ein solches Gerät funktioniert. Dann lassen sich hohe Summen an Installationskosten und an Materialkosten einsparen. Ein ESB begrenzt immer den Spitzenstrom in Moment des Einschaltens, in dem Schaltkreis, in dem es sich befindet. Das Gerät muss immer zwischen Versicherung und Verbraucher installiert sein. Ein guter ESB ist selbstversorgend und benötigt kein separates Netzteil. Die Begrenzungs-Zeit wurde bei den ESB von Camtec immer so gewählt, dass die Strombegrenzung exakt so lange anhält, bis die Eingangskondensatoren der angeschlossenen Vorschaltgeräte derart aufgeladen sind, dass deren Startstrom die Versicherung nicht auslöst. Diese Zeitspanne bezeichnet man als Ton. Fällt das Netz aus oder wird es gezielt abgeschaltet, misst der ESB in einem internen Messkreis die verstrichene Zeitspanne Toff. Erst nach Ablauf dieser definierten Zeit Toff wird der Bypass der Begrenzungsschaltung aufgehoben und der ESB begrenzt den Anlaufstrom bei wiederkehrendem Netz erneut. Es soll verhindert werden, dass der ESB nach kurzen Netzeinbrüchen begrenzt.



Begrenzungszeit Ton am Bsp. ESB101 300ms

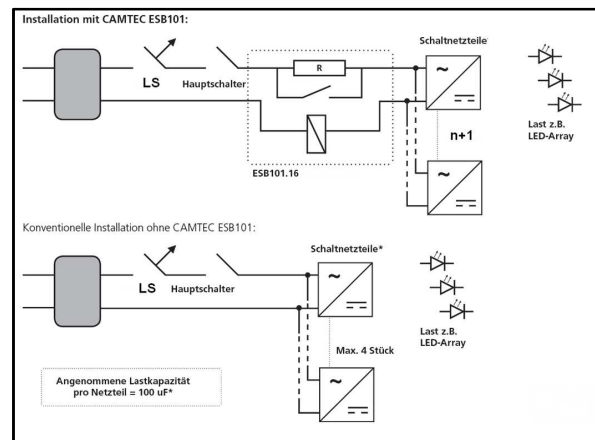


Zeitverzögerung Toff bei Netzeinbruch 500ms

Dimensionierung von Einschaltstrombegrenzern

Bei der Auslegung der Sicherungen und der Dimensionierung einer Verkabelung mit großen Längen wird der ambitionierte Einsatz eines ESB zum echten Kostenkiller. Ein thermomagnetischer Leitungsschutzschalter wird für den Nennstrom eines Systems ausgelegt. Die Querschnittsdimensionierung einer Netzleitung erfolgt grob unter Berechnung des Nennstromes (Effektivwert), der Betriebstemperatur und des ohmschen Widerstandes. Betrachtet man ein ESB unter Berechnung des Effektivstromes, zeigt sich das tatsächliche Potential einer solchen Begrenzers. Für eine einfache Betrachtung des Effektivstromes genügt uns die Daumenformel $0,7 \times I_{peak}[A] = I_{eff}$. Am Beispiel eines Camtec ESB101.16 lässt sich errechnen, dass die Spitzenstrombegrenzung von 16A einen Effektivwert

von rund 11,2 Aeff besitzt. Die Zeit der Begrenzung liegt bei 300ms. Es stehen also 11,2 Aeff für 300ms am vorgeschalteten LS an. Zur Erinnerung: ein B-Automat verträgt etwa 5x Inenn. Die Kennlinien der Automaten-Hersteller verraten, dass der LS bei immer kleineren Strömen zunehmend später auslösen wird. Ein Commodity-100W-LEDNetzteil hat einen typischen Wirkungsgrad von 80 Prozent. Es wird rund 0,6 A Nennstrom unter Vollast aufnehmen. Man rechnet die Kennlinie des Automaten nun auf den während der Begrenzung durchgelassenen Effektivstrom des ESB101.16 um. Es ergibt sich der Einsatz eines kleinen und schnellen A-Automaten, z. B. A6A, aus dessen Auslösestrom von $2 \times I_{nenn} = 12 \text{ A}$. An einen solchen Automaten lassen sich dennoch bis zu zehn 100W Schaltnetzteile anschließen. Der Effekt ist jedoch, dass die Querschnittdimensionierung der Netzleitung viel geringer ausfallen darf als bei einer konventionellen Auslegung. **Bei üblicherweise langen Leitungen an Verkehrsleitsystemen, Straßenbeleuchtung oder Bahntrassen** wird ein ESB ein hohes Mehrfaches seines Anschaffungswertes in Kupferersparnis aufwiegen. Die Verfügbarkeit der Anlagen erhöht sich zudem um ein Vielfaches. Service-Noteinsätze, die gerade an Bahntrassen oder in Tunnels extrem hohe Kosten verursachen, werden wirkungsvoll reduziert. Aus der Perspektive des Betreibers und des Serviceleisters ist dies ein weiteres wesentliches Argument für den Einsatz eines Einschaltstrombegrenzers.



Literatur [1] Studie der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2007; Berlin 09/2008. [2] www.agennergiebilanzen.de (Veröffentlichung des BWK Energie Fachmagazin 61/2009)