

# Schaltnetzteile

## Weniger Steuerstrom – Einsparungsmöglichkeiten für Systementwickler bei den Betriebskosten

### Auslegung von Steuerstromkreisen

Schaltschränke verfügen meist über Transformatoren, die Schaltnetzteile versorgen, die wiederum 24 V DC für speicherprogrammierbare Steuerungen, E/A-Platinen, Magnetspulen, Relaispulen usw. zur Verfügung stellen. Die übermäßige Wärme, die im Schaltschrank erzeugt wird, und die allgemeinen Betriebskosten sorgen dafür, dass Systementwickler beim Auswählen einer stabilen und effizienten 24-V-DC-Steuerstromkreislösung enormen Herausforderungen gegenüberstehen.

Dieses White Paper konzentriert sich auf die Kosteneinsparungsstrategien für Industriesteuerungs-Transformatoren und Schaltnetzteile.

Die typische Struktur eines Industrietransformators mit primären und sekundären Wicklungen auf einem herkömmlichen Kern (laminiertes Eisen) ermöglicht die Trennung oder Herab-/Heraufstufung der Primärspannung. Die Bemessungsleistungswerte variieren abhängig davon, ob sie für Stromversorgungs- oder Steuerstromkreisanwendungen verwendet werden. Für Transformatoren gibt es im Allgemeinen vier relevante Bemessungswerte: Spannung, Strom, Scheinleistung und Frequenz. Die Scheinleistung (das Produkt des Effektivstroms und der Effektivspannung) legt den Grenzwert für den maximalen Leistungsverlust ( $I^2R$ ) in den Transformatorwicklungen fest und basiert vor allem auf der Erwärmung der Transformatorspulen, durch die die Isolierung beschädigt oder die Einsatzdauer des Transformators erheblich verkürzt werden kann.

$$P_{Cu} = I_{rms}^2 R_{Cu}$$

Dabei gilt:

$P_{Cu}$  = Leistungsverlust der Kupferwicklungen in Watt

$I_{rms}^2$  = Strom für die Kupferwicklungen in Ampere

$R_{Cu}$  = Widerstand der Kupferwicklungen in Ohm

Werden die Bemessungsstromwerte eines Transformators überschritten, verkürzt sich dessen Nutzungsdauer aufgrund einer vorzeitigen Beschädigung. Die Bemessungswerte für die Transformatorspannung und -frequenz dienen zwei Zwecken: Begrenzung der Kernverluste und Verhinderung einer Sättigung des Transformators. Für die Dimensionierung von Transformatoren müssen Bemessungsstrom und Gesamteinschaltleistung (VA) bestimmt werden – hohe reaktive Lasten nehmen während des Übergangszustands ihres Betriebs mehr Strom auf.

### Thermodynamik und Größenbestimmung beim Schaltschrank

Die Größe eines Industrieschaltschranks muss für die im Schaltschrank erzeugte Wärme (Watt) ausgelegt sein. Wenn also die Betriebstemperatur höher steigt als der Bemessungswert des Schaltschranks, sollte im Schaltschrank eine Konvektionsmöglichkeit integriert sein. Beispielsweise kann ein Lüfter oder ein Klimagerät zum Senken der Temperatur auf den empfohlenen Betriebsbereich eingesetzt werden. Die optimale Lösung ist ein effizientes Hochleistungs-Schaltnetzteil, das keine hohen Einschaltströme vom vorgeschalteten Transformator erwartet und dennoch branchenführende Leistungsreserve bietet. In der folgenden kurzen Zusammenfassung der äquivalenten Anschaffungskosten (EFC) wird die am häufigsten eingesetzte Gesamtkostenmethode (TCO) verwendet:

**TCOEFC = Preis und Kosten eines Kernverlusts + Kosten eines Lastverlusts**

**Kosten eines Kernverlusts(EFC) = A(\$ / Watt) x Watt des Kernverlusts**

**Kosten eines Lastverlusts(EFC) = B(\$ / Watt) x Watt des Lastverlusts**

Dabei gilt:

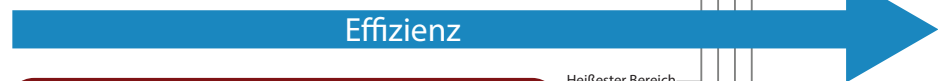
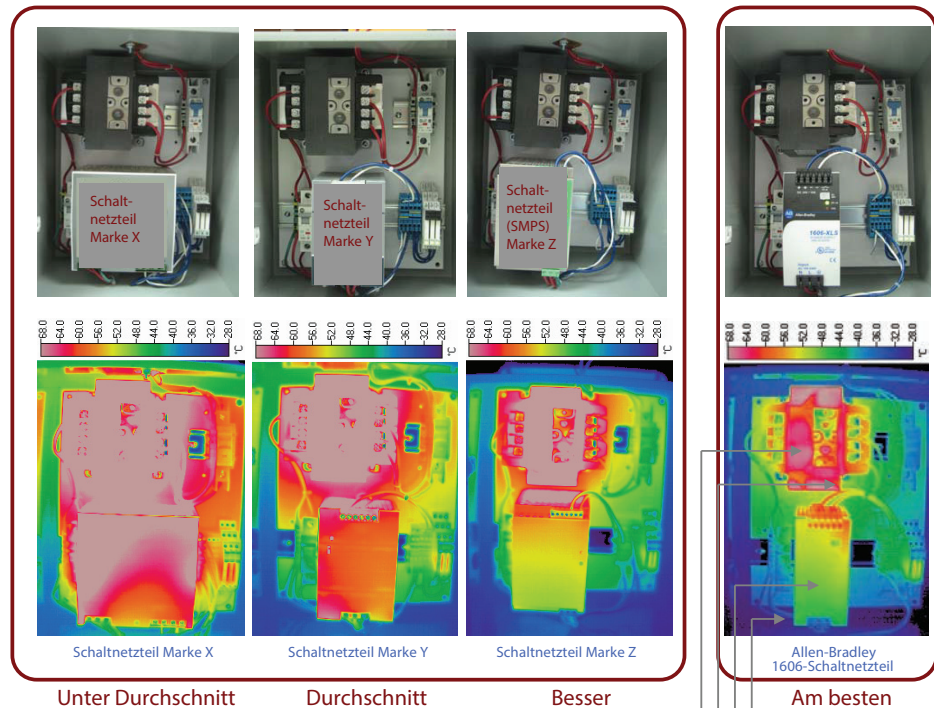
A = Äquivalente Anschaffungskosten von Nulllastverlusten

B = Äquivalente Anschaffungskosten von Lastverlusten

Ein alternativer Ansatz für spezifische Nulllast- und Lastverluste eines Transformators ist die Messung der Energieeffizienz mit der spezifischen Last, die für den Einsatz am typischsten ist. Die allgemeine Gleichung für die Energieeffizienz lautet wie folgt:

$$\% \text{ Effizienz} = 100 (\text{Ausgangslast}) / (\text{Ausgangslast} + \text{Verluste})$$

Wärmebilder (Infrarot) mit Thermogrammen eines Schaltschranks für ein Schaltnetzteil der Serie 1606 von Allen-Bradley® und der Schaltnetzteile der Wettbewerbermarke X, Y und Z. In den Bildern kennzeichnen rote Farben (bis hellrot) Bereiche mit höherer Wärmeableitung und blaue Farben (bis blaugrün) Bereiche mit geringerer Wärmeableitung.



Der Test wurde mit den folgenden Komponenten durchgeführt:

Allen-Bradley	10 A 24 V DC	93 % Effizienz
Marke Z	10 A 24 V DC	> 91 % Effizienz
Marke Y	10 A 24 V DC	> 88 % Effizienz
Marke X	10 A 24 V DC	84 % Effizienz

---

Transformator:	1497A-A8-M6-0-N	240 bis 120 V AC, 350 VA
Abzweigschutz:	1489-A1C100	10 A
Leitungsschutz:	1492-SP1C100	10 A
Last: ca. 225 Watt	700-HLT1Z24	Relaisausgang, SPDT, 24 V DC
	OHMITE	2,5 W

Heißester Bereich  
 Heißer Bereich  
 Kühler Bereich  
 Kühlster Bereich

Die Wärmebilder sind eindeutig: das Schaltnetzteil der Serie 1606 bietet die höchsten Effizienzwerte, was zu einer geringeren Wärmezeugung und einem niedrigeren Energieverbrauch führt.

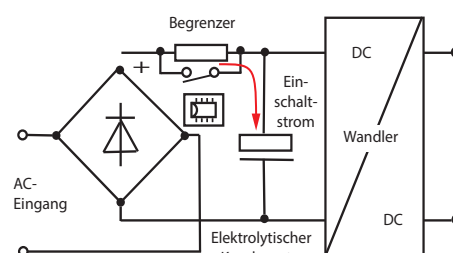
Die Schaltnetzteile der Serie 1606-XLS minimieren statische Eingangsströme ebenso wie Einschaltströme. Dies reduziert die Stromanforderungen an den vorgeschalteten Transformator und ermöglicht eine kleinere, kostengünstigere Transformatorlösung. Die integrierte Leistungsfaktorkorrektur (Power Factor Correction, PFC) ermöglicht eine Stromaufnahme von einem vorgeschalteten Transformator, ohne den Transformator übermäßig zu belasten. Schaltnetzteile der Serie 1606 können die AC-Eingangsspannung automatisch korrigieren – die optimale synergetische Herangehensweise für eine maximale Gesamteffizienz innerhalb eines Schaltschranks.

## Merkmale der Einschaltstromstöße des Schaltnetzteils

Alle modernen Schaltnetzteile weisen (elektrolytische) Kondensatoren an der Leistungsaufnahmeseite auf. Dies verursacht den Einschaltstrom, wenn ein Schaltnetzteil eingeschaltet wird. Ein Schaltnetzteil mit hohem Einschaltstrom erfordert einen größeren und ausladenderen Transformator. Netzteile der Serie 1606-XLS von Allen-Bradley weisen einen geringeren Einschaltstrom auf.

Schaltnetzteile der Serie 1606 weisen deutlich geringere Einschaltströme auf. Dies ist Widerständen zu verdanken, die den Einschaltstrom begrenzen. Auf der AC-Eingangsseite des Schaltnetzteils können dadurch kleinere Transformatoren der Serie 1497 verwendet werden, weil ihre gesamte VA bedeutend niedriger ist als die von

Schaltnetzteilen anderer Marken. Dies bedeutet auch, dass die Miniatur-Leistungsschalter nicht für Spitzeneinschaltströme bemessen sein müssen, sondern dass die Bemessung abhängig von den tatsächlichen Ansprechströmen ausreicht.



Begrenzung des Einschaltstroms mittels fester Widerstände, die nach einer bestimmten Zeitspanne umgangen werden

## Ein geringer Einschaltstrom ermöglicht auch einen kleineren nachgeschalteten Transformator

Der Spitzeneinschaltstrom ist nur geringfügig höher als der maximale Einschaltstrom – und ermöglicht so den Einsatz eines kleineren VA-Transformators auf der AC-Eingangsseite des Schaltnetzteils.

Beispielsweise weist ein Schaltnetzteil der Serie 1606-XLS – 10 A, 24 V DC, einen Einschaltstrom von nur 4 A auf, während das Schaltnetzteil der Marke Y einen Einschaltstrom von 30 A aufweist. Dadurch wäre ein vorgeschalteter Transformator mit der richtigen Größe erforderlich, wie im ersten Teil dieses Dokuments beschrieben (Auslegung von Steuerstromkreisen).

Je höher der Einschaltstrom, desto größer muss der VA-Transformator sein. Da der Preis des Transformators von der VA-Größe abhängt, profitieren die Kunden von der Verwendung eines Schaltnetzteils der Serie 1606, da sie so einen kleineren VA-Transformator einsetzen können.

- Schaltnetzteile der Serie 1606 zeichnen sich hinsichtlich ihrer Einschaltcharakteristik durch hohe Effizienz und niedrige Stromaufnahme auf, wodurch der Leistungsbedarf für den Betrieb der Schaltnetzteile wesentlich reduziert wird.

## Größenbestimmung der Transformator-VA und des Schaltnetzteils als begrenzende Faktoren bei der Größenbestimmung des Schaltschranks (Gehäuse)

Schaltschrankbauer legen die Größe ihrer Gehäuse fest, sobald sie die funktionale Lösung erstellt haben – an diesem Punkt werden thermodynamische Berechnungen vorgenommen, um die Gehäusegröße zu bestimmen.

- Verwenden eines Gehäuses mit vorab festgelegter Größe und bestimmen, ob eine Kühlung (Lüfter/Klimagerät) erforderlich ist, um die Bemessungsbetriebstemperatur für eine optimale Leistung beizubehalten.
- Festlegen der Größe des Schaltschranks (Gehäuse) basierend auf der gesamten Wärme, die von den Komponenten im Gehäuse erzeugt wird.

Die Kombination aus Schaltnetzteil der Serie 1606 und Transformator der Serie 1497 reduziert die Kosten für Schaltschrankbauer, da kleinere Transformatoren eingesetzt werden können und auf diese Weise auch die Schaltschrankgröße verringert werden kann.

Die Kombination aus Schaltnetzteil der Serie 1606 und Transformator der Serie 1497 reduziert die Kosten für Schaltschrankbauer dank niedriger Wärmeabstrahlung (Watt). Eine geringere Wärmeabstrahlung gestattet den Einsatz kleinerer Lüfter bzw. Klimageräte.

Bereits eine geringe Energieeinsparung pro Einheit kann in hoch automatisierten Einrichtungen signifikante Einsparungen bedeuten. Ein Beispiel ist der Einsatz von Schaltnetzteilen in E/A-Anwendungen - abhängig vom jeweiligen System und den Gesamtlastanforderungen.

## „Grünes“ Netzteil bietet branchenführende Effizienz

Die „grüne“ Produktserie der Schaltnetzteile der Serie 1606 ist Teil des Umweltschutzengagements von Rockwell Automation: unnötiger Energieverbrauch wird vermieden und Ressourcen werden verantwortlich eingesetzt. Aus diesem Engagement sind die branchenführenden, effizienten Netzteile hervorgegangen. Dank der wesentlich verringerten Wärmeabstrahlung wird auch weniger Energie benötigt, um die Gesamtschaltschranktemperatur unter den Betriebsgrenzen zu halten. Die Serie 1606 ist auch in kleineren Formaten erhältlich, wodurch mehr Platz für eine natürliche Konvektion vorhanden ist. Aufgrund der sehr geringen Wärmeabstrahlung kann der Schaltschrank kleiner dimensioniert werden. Die Nutzung umweltverträglicher Produkte ermöglicht die Schaffung kosteneffizienter Lösungen. Der reduzierte Einsatz von Lüftern oder Klimageräten führt zu einem geringeren Energieverbrauch der Kunden. Die Netzteile der Serie 1606 erreichen eine Effizienz von bis zu 96 Prozent. Der Wärme-/Leistungsverlust ist im Vergleich zum Konkurrenzprodukt der Marke X minimal.

## Power-Boost-Funktion bietet optimale Funktionalität

Die Serie 1606-XLS bietet einen Power Boost, der für einen Zeitraum von vier Sekunden bis zu 150 Prozent Leistung liefert. Der Power Boost der Serie 1606-XLE liefert 120 %. Dank der Power-Boost-Funktion der Serie 1606 können Kunden die Größe der Schaltnetzteile basierend auf deren Normallast anstatt anhand der Einschaltstromanforderungen der 24-V-DC-Lasten bemessen. Ohne Power-Boost-Funktion müssen Kunden in den meisten Fällen ihr Netzteil überdimensionieren.

Die Strategie der Betriebskosteneinsparung beruht auf der Verwendung effizienterer Schaltnetzteile, die weniger überschüssige Wärme erzeugen. Dies spart den Kunden Kosten:

- Kunden zahlen für die im Schaltschrank erzeugte Wärme bzw. für die Reduzierung der Temperatur im Schaltschrank. Die ineffiziente Nutzung von Ressourcen führt zu erhöhten Stromkosten.
- Geringerer Bedarf an Schaltschrankkühlung (im Gehäuse).
- Geringeres Befestigungsmaß ermöglicht kleinere Gehäuse, wodurch die Gesamtkosten des Kunden verringert werden.
- Die Power-Boost-Funktion ermöglicht den Einsatz kleinerer Schaltnetzteile. Eine geringere Leistung bedeutet weniger Ausgaben für den Kunden.
- Geringere Einschaltströme ermöglichen einen vorgeschalteten Transformator mit einem geringeren VA-Wert.

Rockwell Automation stellt auf seiner Website unter

<http://www.rockwellautomation.com/rockwellautomation/about-us/sustainability-ethics/product-environmental-compliance.page> aktuelle Umweltinformationen zu den Produkten zur Verfügung.

Allen-Bradley, Rockwell Software, Rockwell Automation und LISTEN. THINK. SOLVE sind Marken von Rockwell Automation, Inc. Marken, die nicht Rockwell Automation gehören, sind Eigentum der jeweiligen Unternehmen.

**[www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)**

### Hauptverwaltung für Antriebs-, Steuerungs- und Informationslösungen

Amerika: Rockwell Automation, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204 USA, Tel: +1 414 382 2000, Fax: +1 414 382 4444

Europa/Naher Osten/Afrika: Rockwell Automation NV, Pegasus Park, De Kleetlaan 12a, 1831 Diegem, Belgien, Tel: +32 2 663 0600, Fax: +32 2 663 0640

Asien/Australien/Pazifikraum: Rockwell Automation, Level 14, Core F, Cyberport 3, 100 Cyberport Road, Hong Kong, China, Tel: +852 2887 4788, Fax: +852 2508 1846

Deutschland: Rockwell Automation GmbH, Parsevalstraße 11, 40468 Düsseldorf, Tel: +49 (0)211 41553 0, Fax: +49 (0)211 41553 121

Schweiz: Rockwell Automation AG, Industriestrasse 20, CH-5001 Aarau, Tel: +41(62) 889 77 77, Fax: +41(62) 889 77 11, Customer Service – Tcl: 0848 000 277

Österreich: Rockwell Automation, Kotzinastraße 9, A-4030 Linz, Tel: +43 (0)732 38 909 0, Fax: +43 (0)732 38 909 61