

Netzgeräte

Qualitätsmerkmale und deren Messung

Alexander C. Frank
Dipl.-Ing.

frank@phys.ethz.ch

Stand: 25. November 2006

Version 1.0

Dieses Handbuch möge
unsere Lernenden auf dem
Weg zu Erkenntnis
und Erfahrung begleiten ...



Netzspannung ist gefährlich, wenn
unüberlegt damit gearbeitet wird !

Es ist stets ein Trenntransformator
oder FI-Schutz zu verwenden.

Definitionen

Drift	5
Effizienz	5
Lastausregelung	6
Ausgangsimpedanz	7
PARD - Ripple und Noise	8
Temperaturkoeffizient	9
Aufwärmzeit	9

Messung der Parameter

Vorsichtsmaßnahmen	10
Regelung in Abhängigkeit der Netzspannung	11
U / I - Kennlinie	13
Regelung bei Laständerung	14
PARD - Ripple und Noise	15
Drift	15
Temperaturkoeffizient	15
Ausgangsimpedanz	16

Anhang

Tips und Tricks	17
Quellenverzeichnis	17
Datenblatt einiger HP/agilent Netzgeräte	18

DRIFT

Die Drift ist die maximale Änderung der Ausgangsspannung während einer festgelegten Zeit.

Beispielsweise wird die Spannung im Anschluss an die Aufwärmphase während 8 Stunden beobachtet.

Dabei werden alle äusseren Einflüsse, die auch während des Gebrauches auftreten, berücksichtigt.

Die Drift berücksichtigt alle Ereignisse in einem Frequenzbereich von DC bis 20 Hz.

EFFIZIENZ

Die Effizienz ist ein Mass für die Wirtschaftlichkeit (Wirkungsgrad) und beschreibt das Verhältnis von abgegebener (Nutz-) Energie zu aufgenommener Energie.

Der Wert ist stets kleiner als 1 bzw. 100%

Bei Schaltnetzteilen ist der Wert typischerweise höher (ca. 90%) als bei lineargeregelten Netzteilen. Dafür erzeugen diese jedoch ein grösseres Spektrum an Störungen, weswegen sie für Laboranwendungen meist ungeeignet sind.

LASTAUSREGELUNG

Die Lastausregelung beschreibt die Änderung der Ausgangsspannung / Strom in Funktion einer Belastungsänderung.

Die Belastung wird dabei zweckmässigerweise ständig umgeschaltet, sodass der Laststrom zwischen 10% (0%) und 90% (100%) des max. Stromes hin und herspringt. Dabei wird mit einem Oszilloskop die Ausgangsspannungsänderung beobachtet.

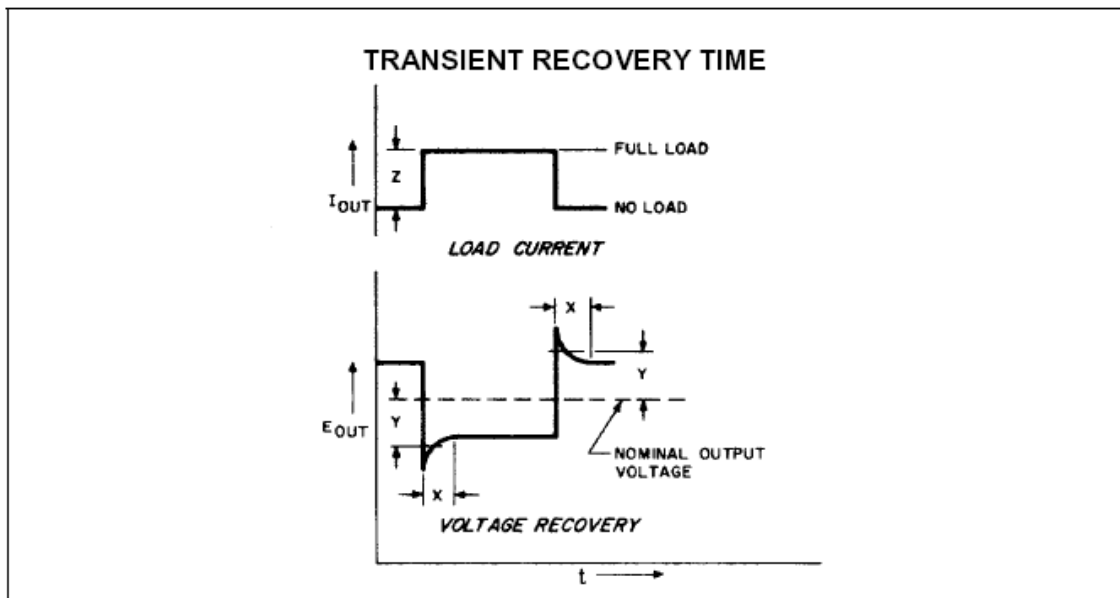


Fig. 1 Lastausregelung (dynam.) aus [1]

AUSGANGSIMPEDANZ

Die Ausgangsimpedanz ist der Quellenwiderstand des Netzteiles.

Bei Spannungsquellen ist er typischerweise sehr klein (ideal: 0Ω)

Bei Stromquellen ist er typischerweise sehr hoch.

Da die Regelung eine gewisse Zeitkonstante hat nimmt der Innenwiderstand typischerweise mit der Frequenz zu.

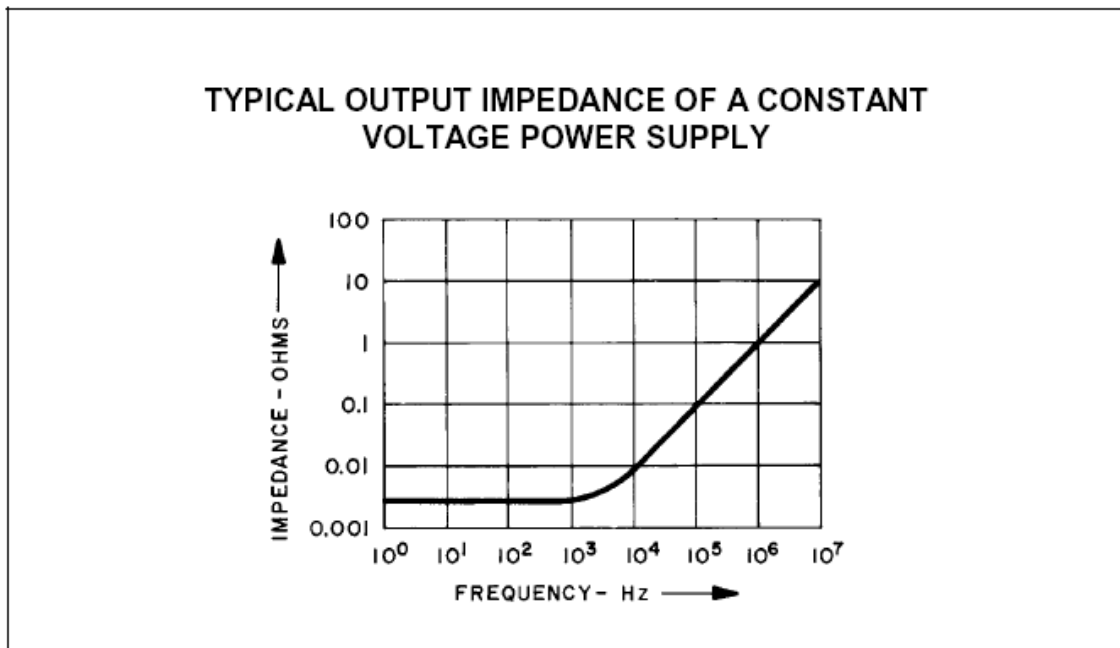


Fig. 2 typ. Verlauf der Ausgangsimpedanz aus [1]

PARD – RIPPLE UND NOISE

PARD := Periodic and Random deviation, zu Deutsch etwa periodische und zufällige Abweichungen.

PARD ist der dem DC-Anteil überlagerte AC-Anteil.

Der PARD wird typischerweise bei einer festgelegten Bandbreite gemessen.

Die Angabe erfolgt entweder als RMS (root mean square := Effektivwert) oder als peak-peak (Spitze-Spitze-Wert) bei einer Bandbreite von 20 Hz bis 20 MHz.

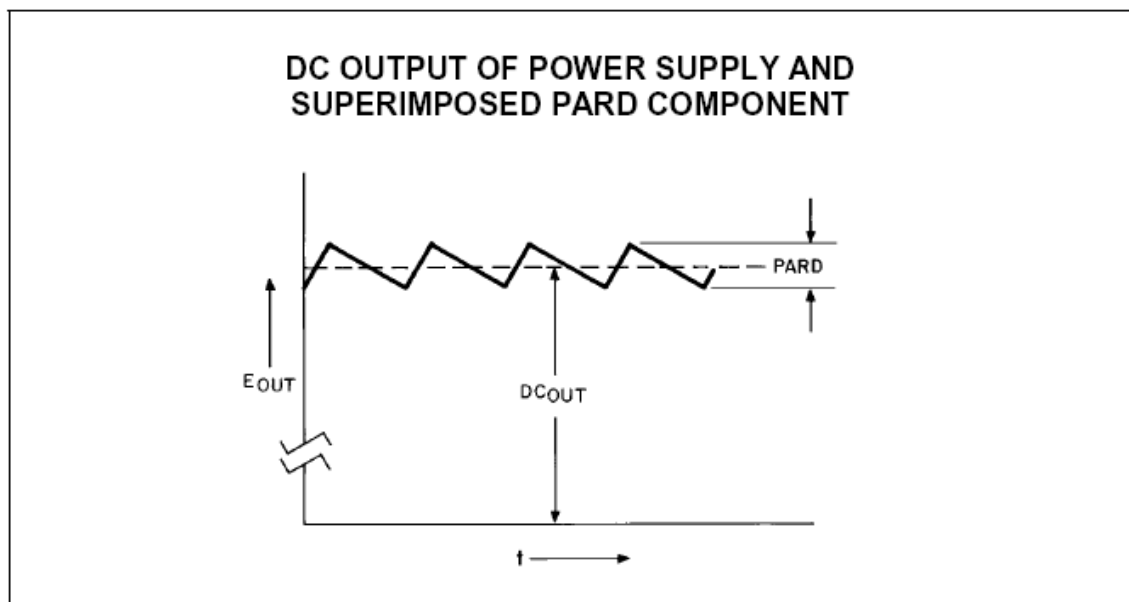


Fig. 3 PARD, aus [1]

Hauptsächlich finden sich hier 100 Hz - Anteile, die vom Brückengleichrichter des Netzteiles stammen.

Bei einem Schaltnetzteil sind auch höherfrequente Anteile enthalten, die dann durch die Leitungen vermehrt abgestrahlt werden !

TEMPERATURKOEFFIZIENT

Der Temperaturkoeffizient beschreibt die Änderungen der Ausgangsspannung (Strom) bei einem Netzteil, das bei konstanter Eingangsspannung und konstanter Last betrieben wird, pro Grad Temperaturänderung der Umgebungstemperatur.

Zum Test wird dabei das Netzteil mit der Last in einem Klimaschrank bei verschiedenen Temperaturen beobachtet.

AUFWÄRMZEIT

Die Aufwärmzeit ist diejenige Zeit, die ein Netzteil nach dem Einschalten braucht, um alle Spezifikationen zu erfüllen.

VORSICHTSMASSNAHMEN

Beim Arbeiten mit Netzspannung ist stets ein Trenntransformator oder FI-Schutz zu verwenden.

Messungen bei (offen zugänglicher) Netzspannung dürfen nie alleine durchgeführt werden.

Beachte dazu auch die Sicherheitshinweise im Script des SMS !

REGELUNG IN ABHÄNGIGKEIT DER NETZSPANNUNG (STATISCH)

Die Netzspannung von 230 V ist nicht konstant und darf im schlimmsten Fall $\pm 20\%$ betragen.

Ein Netzteil soll natürlich unabhängig von solchen Eingangsspannungsschwankungen eine konstante Ausgangsspannung liefern.

Um diese Eigenschaft zu charakterisieren hat man den *Stabilisierungsfaktor* definiert.

Er beschreibt die Ausgangsspannungsänderung als Funktion der Eingangsspannungsänderung.

Versuchsaufbau :

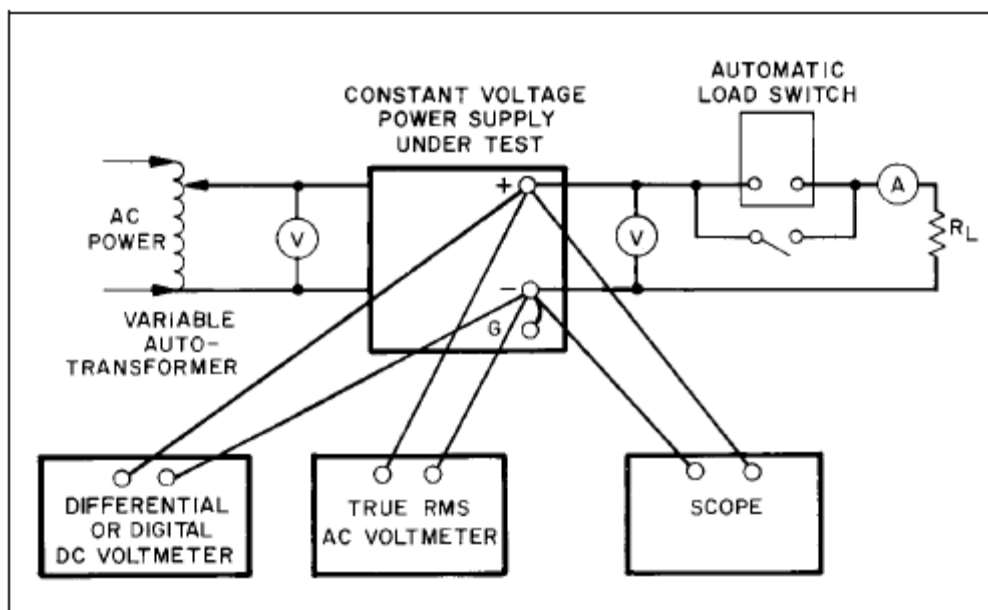


Fig. 4 Versuchsaufbau, aus [1]

Eingangsspannung : 230V +20% = 276 V
Ausgangsspannung : _____ V (A)

Eingangsspannung : 230V - 20% = 184 V
Ausgangsspannung : _____ V (B)

Eingangsspannung : 230V
Ausgangsspannung : _____ V (C)

$$S = \frac{\Delta U_e * U_a}{\Delta U_a * U_e}$$

S: Stabilisierungsfaktor
? U_e: Eingangsspannungsänderung : 92 V
U_a: Nominelle Ausgangsspannung, C : _____ V
? U_a: Ausgangsspannungsänderung, A-B : _____ V
U_e: Eingangsspannung : 230 V

In der Literatur findet man oft auch den *Glättungsfaktor*, der wie folgt definiert ist:

$$G = \frac{\Delta U_e}{\Delta U_a}$$

Eine Eingangsspannungsänderung von +/- 20% darf nur für eine kurze Zeit auf dem Netz vorhanden sein.

Sollte das Netzteil bei derart abweichender Netzspannung Fehlfunktionen zeigen, so ist die Messung bei +/-10% durchzuführen !

U / I - Kennlinie

Die Aufnahme der U / I -Kennlinie gibt Aufschluss über die Art der Strombegrenzung. Hier gibt es mehrere Möglichkeiten, wie sich das Netzteil benehmen kann.

Das Netzteil wird dabei - ausgehend vom Leerlauf (kein Laststrom) - bis zum maximalen Kurzschlussstrom belastet.

Dabei wird für jeden Belastungsfall Spannung und Strom gemessen und in einem U / I - Diagramm dargestellt.

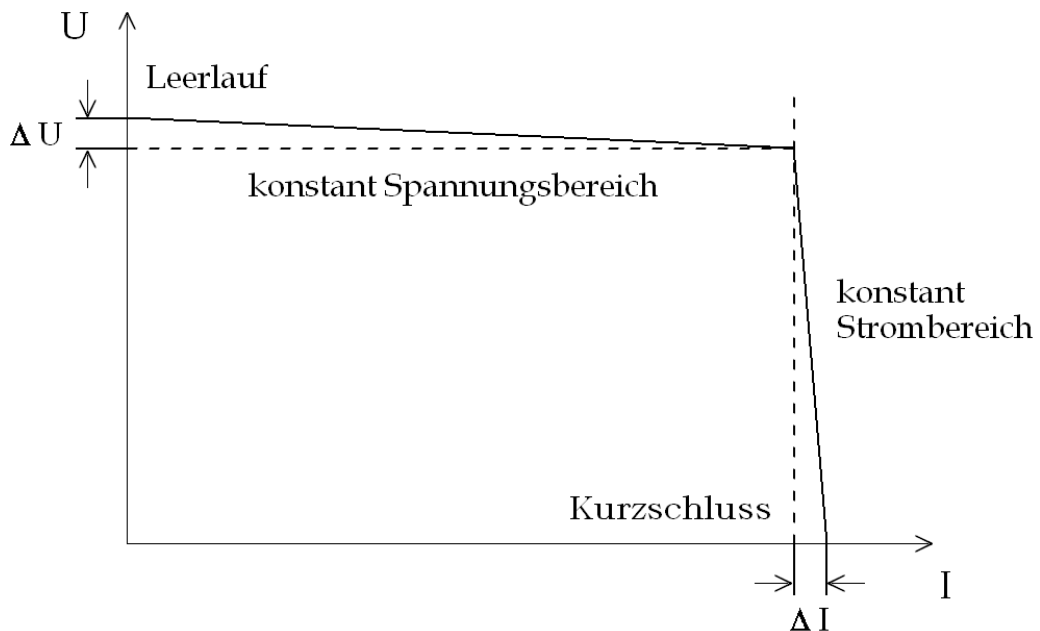


Fig. 5 a : $U=f(I)$

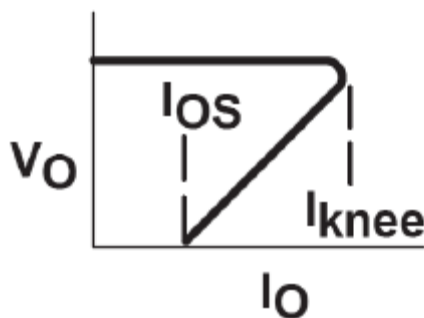


Fig. 5 b : Current Foldback beim LM723 Spannungsregler

REGELUNG IN ABHÄNGIGKEIT DER LAST (DYNAMISCH)

Die Ausgangsspannung wird nun unter veränderlicher Last beurteilt.

Man sieht dabei die Ausregelzeit - die Zeit, die das Netzteil braucht, um sich auf die neue Belastungssituation einzustellen. (Siehe auch Fig. 1)

Um auf dem Oszilloskop ein stehendes Bild zu erhalten wird das Netzteil mit einer Frequenz von ca. 40 Hz belastet / entlastet. Dazu ist ein Funktionsgenerator nötig, der ein TTL Signal abgibt.

Um diesen Test durchzuführen ist im weiteren folgende Hilfsschaltung sehr vorteilhaft (in Fig. 4 mit „AUTOMATIC LOAD SWITCH“ bezeichnet) :

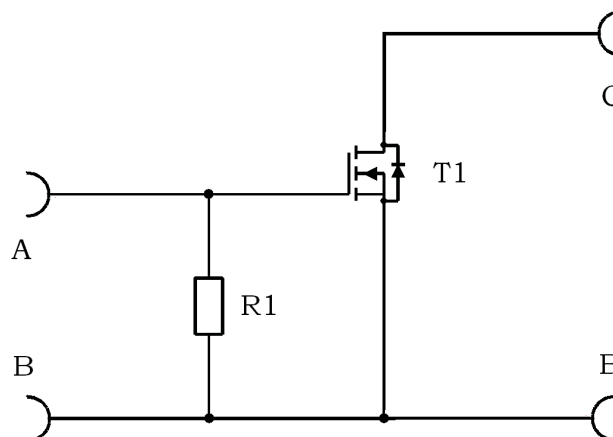


Fig. 6 : Hilfsschaltung, R1=56 W, T1=SPP80N08S2L-07

An den Anschlüssen A und B wird ein Funktionsgenerator angeschlossen.

Der Widerstand R1 sorgt einerseits für die Anpassung des Generators an die Last, als auch für eine schnelle Entladung der Gate-Source Kapazität, welche typischerweise im Bereich einiger nF liegt.

Vom Anschluss C ist der Lastwiderstand mit dem Pluspol des Netzteiles verbunden. Punkt B ist GND bzw. Masse.

PARD – Rippel und Noise

Die Ausgangsspannung wird gem. Fig 4 mit einem Oszilloskop ($B > 20$ MHz) oder einem TRUE-RMS AC Voltmeter gemessen.

Messen Sie bei verschiedenen Belastungen und notieren Sie Ihre Beobachtungen.

Falls ein Spektrumanalysator verwendet wird : Beachten Sie die Belastung des Netzteiles mit der Eingangsimpedanz des Analysators ! Dieser kann oft keinen Gleichspannungsanteil verarbeiten !

DRIFT

Die Ausgangsspannung wird nun gemäss Definition über einen längeren Zeitraum beobachtet.

Eventuell ist ein Tiefpass nötig, damit nur bis 20 Hz gemessen wird.

Am besten eignet sich hier ein Aufbau mit einem Voltmeter, welches von einem Computer abgefragt wird.

TEMPERATURKOEFFIZIENT

Die Ausgangsspannung wird nun in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur untersucht.

Am besten eignet sich ein Klimaschrank. Sollte dieser nicht vorhanden sein, so könnte man zum Beispiel auch im Labor und im Freien messen. Beachten Sie, dass die Messgeräte stets bei gleicher Temperatur betrieben werden, sodass deren Temperaturkoeffizient sich nicht in die Messung einschleicht !

Beachten Sie, dass teilweise (gem. Datenblatt) bei erhöhter Temperatur einer niedrigere Ausgangsleistung entnommen werden kann. Sie sollten 70° C nicht überschreiten !

AUSGANGSIMPEDANZ

Die Ausgangsimpedanz (hier nur bei DC) kann einfach durch zwei verschiedene Belastungen ermittelt werden.

Bei zwei unterschiedlichen Belastungen ergeben sich zwei unterschiedliche Ströme / Spannungen.

Beachten Sie, dass die Spannungsunterschiede sehr gering sein werden und wählen Sie das Messgerät entsprechend sorgfältig aus !

Der Innenwiderstand ergibt sich dann zu :

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Beachten Sie hierzu auch die Angaben im Scriptum des SMS !

TIPS & TRICKS

Um die Auswertung rationell durchzuführen ist ein EXCEL Formular hilfreich. Es kann - einmal angefertigt - beliebig oft kopiert werden. Mit neuen Messwerten ändern sich die Grafiken automatisch, sodass immer eine professionelle Dokumentation entsteht. Gleichbleibende Angaben, wie z.B. verwendete Messgeräte müssen nur einmal eingegeben werden.

Notieren Sie auch subjektive Erkenntnisse wie z.B.

- muss zum Auswechseln eines Bauteiles zuerst eine ganztägige Demontage anderer Bauteile erfolgen ?
- Welche Hauptbauteile wurden verwendet ?
Bsp.: Ringkerntrafo, LM317, UA723, ...

etc.

QUELLENVERZEICHNIS

- [1] DC POWER SUPPLY HANDBOOK, Agilent Technologies
Application Note 90 B

Datenblatt einiger HP/agilent Netzgeräte

Model Number	E3646A	E3647A	E3648A	E3649A
Maximum Power	60 W		100 W	
# of Output	2	2	2	2
dc Output Rating (@ 0°C to 40°C)	Two 0 to 8 V / 3 A or 0 to 20 V / 1.5 A	Two 0 to 35 V / 0.8 A or 0 to 60 V / 0.5 A	Two 0 to 8 V / 5 A or 0 to 20 V / 2.5 A	Two 0 to 35 V / 1.4 A or 60 V / 0.8 A
Net Weight	7.3kg (16.1 lbs)		9.2kg (20.3 lbs)	
Dimension (without bumper)	212.8 mm W x 133 mm H x 348.3 mm D (8.4 x 5.2 x 13.7 in)			
Load¹ and Line Regulation ±(% of output + offset)				
Voltage	<0.01% + 3 mV			
Current	<0.01% + 250 µA			
Ripple and Noise (20 Hz to 20 MHz)				
Normal Mode Voltage	<5 mVpp / 0.5 mVrms for 8 V / 20 V models <8 mVpp / 1 mVrms for 35 V / 60 V models			
Normal Mode Current	<4 mA rms			
Common Mode Current	<1.5 µA rms			
Accuracy 12 Months (@ 25°C ±5°C), ±(% output + offset)				
Programming				
Voltage	<0.05% + 10 mV (<0.1% + 25 mV for output 2 of E3646/47/48/49A)			
Current	<0.2% + 10 mA			
Readback				
Voltage	<0.05% + 5 mV (<0.1% + 25 mV for output 2 of E3646/47/48/49A)			
Current	<0.15% + 5 mA (<0.15% + 10 mA for output 2 of E3646/47/48/49A)			
Resolution				
Program	<5 mV / 1 mA			
Readback	<2 mV / 1 mA			
Meter	10 mV / 1 mA			
Transient Response				
Less than 50 µsec for output to recover to within 15 mV following a change in output current from full load to half load or vice versa.				
Settling Time²				
<90 msec				
OVP				
Accuracy, ±(% output + offset)	<0.5% + 0.5 V			
Activation time ³	<1.5 msec, OVP ≥3 V / <10 msec, OVP <3 V			
Temperature Coefficient per °C ±(% output + offset)				
Voltage	<0.01% + 3 mV (<0.02% + 5 mV for output 2 of E3646/47/48/49A)			
Current	<0.02% + 3 mA			
Stability, constant output & temperature ±(% of output + offset), 8 hrs				
Voltage	<0.02% + 2 mV			
Current	<0.1% + 1 mA			
Remote Sense				
Max voltage drop in each load lead	1 V			
AC Input (47 Hz – 63 Hz)				
100 Vac ±10% (Opt 0E9) / 115 Vac ±10% (Std) / 230 Vac ±10% (Opt 0E3)				
Warranty				
1 year				
Product Regulation				
Designed to comply with UL3111-1; certified to CSA 22.2 No. 1010.1; conforms to IEC 1010-1; complies with EMC directive 89/336/EEC (Group1, Class A)				

¹ With sense terminal connected.

² Maximum time required for the output voltage to change from 1% to 99% or vice versa following the receipt of VOLTage or APPLy command via direct GPIB or RS-232 interface.

³ Average time for output to start to drop after OVP condition occurs.