



Drehstromversorgung von IT-Serverschränken

Inhalt

Überblick	Seite 3
Trends bei der Stromversorgung in Rechenzentren	Seite 3
Treibende Faktoren für Serverschränke mit Drehstromzufuhr	Seite 3
Stromversorgung in Rechenzentren weltweit	Seite 4
Was ist Drehstrom?	Seite 5
Drehstrom bei hoher Anschlussdichte	Seite 5
Drehstrom bei niedriger Anschlussdichte	Seite 7
Nebenstromkreisschutz	Seite 8
Weitere Überlegungen für Funktionen intelligenter Serverschrank-PDUs	Seite 9
Vorteile einer höheren Spannung für Serverschränke mit Drehstromzufuhr	Seite 10
Ist die Zeit reif für Drehstrom?	Seite 12
Über Raritan	Seite 12

Überblick

Viele Rechenzentrumsmanager leisten gute Arbeit beim Stromsparen – niedrigere PUE (Power Usage Effectiveness)-Werte, höhere Temperaturen in den Rechenzentren, Einsatz von Air-Side-Economisern zum Reduzieren des Energieverbrauchs für die Kühlung – allerdings steigt der durchschnittliche Stromverbrauch am Serverschrank weiter an. Die gesteigerte Effizienz bedeutet, dass mehr Strom für den Ausbau von Rechenzentren verfügbar ist. In Rechenzentren geht man davon aus, dass die Serverschränke immer mehr Strom benötigen. Dieses Whitepaper beschäftigt sich mit den Gesichtspunkten einer Implementierung von Drehstrom.

Trends bei der Stromversorgung in Rechenzentren

Rechenzentrumsmanager versorgen ihre IT-Serverschränke mit immer mehr Strom, um mit den stromhungrigen Geräten mitzuhalten. Wie im folgenden Diagramm ersichtlich, verfügt fast die Hälfte (49 %) der befragten Rechenzentrumsmanager über eine maximale Serverschrank-Leistungsdichte von 12 kW oder weniger. Laut ihren Erwartungen besitzt in zwei Jahren nur noch ein Drittel (33 %) eine maximale Serverschrank-Leistungsdichte von 12 kW oder weniger. Heute besitzen einige Rechenzentren bereits Serverschränke mit bis zu 30 kVA.

	2 kW oder weniger	>2-4 kW	>4-8 kW	>8-12 kW	>12-16 kW	>16-20 kW	>20-24 kW	>24 kW	Nicht sicher	Durchschn. circa
Jetzt	1 %	5 %	20 %	23 %	16 %	9 %	8 %	7 %	11 %	12,32
In zwei Jahren	0 %	3 %	10 %	20 %	16 %	14 %	7 %	11 %	19 %	14,57

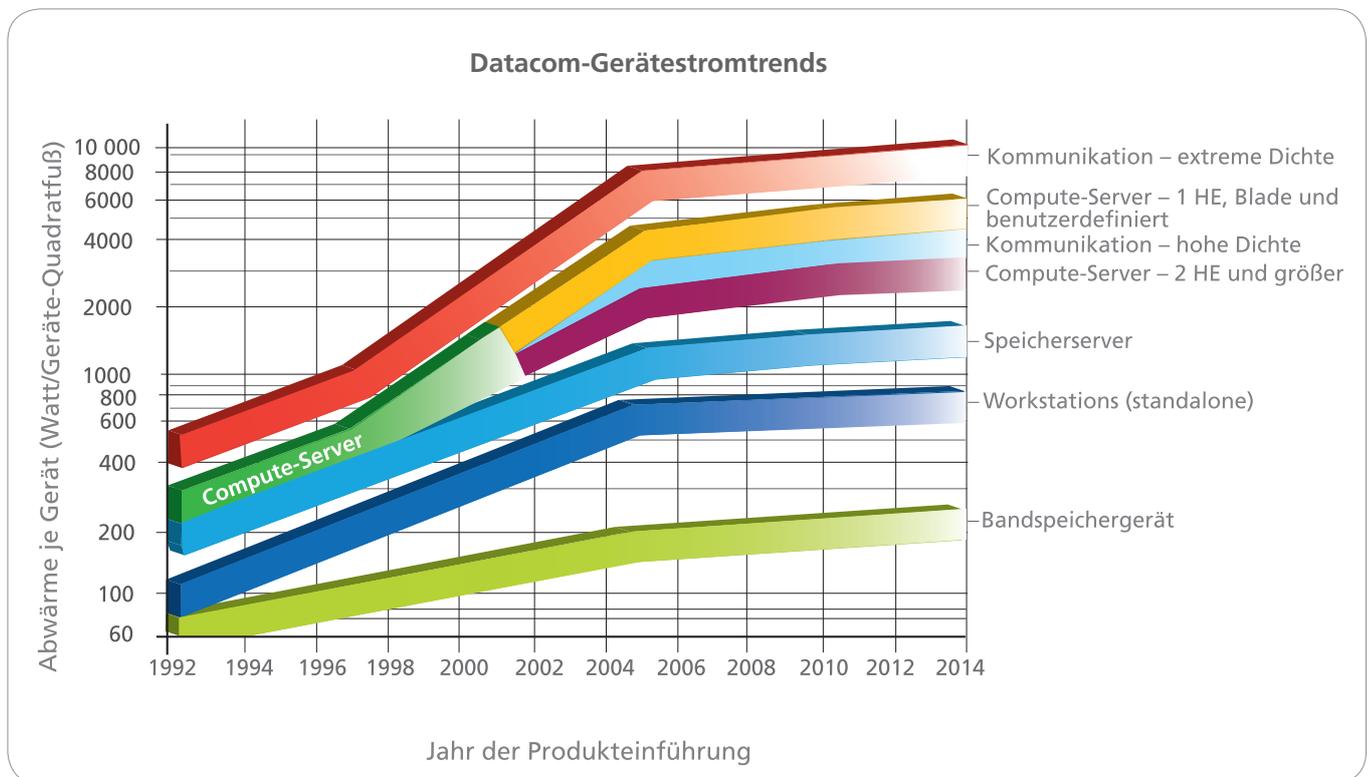
Maximale Leistungsdichte (in kW) pro Serverschrank im Rechenzentrum.

Quelle: © 2010 Liebert Corporation, „Data Center Users' Group Special Report“

Treibende Faktoren für Serverschränke mit Drehstromzufuhr

Die Drehstromanforderungen für Serverschränke in Rechenzentren werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst, beispielsweise von Serverschränken mit einer hohen Dichte an 1-HE-Servern. Es gibt bereits Firmen, die 54 HE-Schränke mit 1-HE-Servern bestücken. Ein weiteres Beispiel sind Netzwerkgeräte wie Systeme der Cisco® Nexus 7000-Serie. Es kommen auch Blade-Server, z. B. mehrere HP® c7000-Chassis, in einem Serverschrank zum Einsatz. Dazu kommen Netzwerkspeichergeräte wie der Dell™ Compellent™ Storage Center FC-Schrank mit einer Leistungsaufnahme von 450 W pro 2-HE-Gerät.

Unten ist ein Diagramm der ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) abgebildet, das die erwartete Abwärme anzeigt. Diese entspricht dem Stromverbrauch, da jedes Watt von IT-Geräten verbrauchte Energie in ein Watt Wärme umgewandelt wird. Wie Sie sehen, ist die vertikale Achse des Diagramms logarithmisch, d. h. der Strombedarf pendelt sich nicht ein, sondern steigt drastisch an.



Quelle: © 2005 ASHRAE TC 9.9 Datacom Equipment Power Trends & Cooling Applications.

Stromversorgung in Rechenzentren weltweit

In Nordamerika liegt die Spannung gewöhnlich bei 120 V bzw. 208 V. Die Spannung variiert weltweit: 100 V (Japan), 230 V (Europa) und 240 V (Australien). Da die Hersteller von IT-Geräten ihre Produkte weltweit verkaufen möchten, sind so gut wie alle IT-Geräte so ausgelegt, dass die Stromversorgung automatisch auf eine Spannung von bis zu 240 V eingestellt werden kann.

In Serverschränken können sowohl Einphasen- als auch Dreiphasen-Stromkreise eingesetzt werden. In Nordamerika liegt die Spannung von Dreiphasen-Stromkreisen gewöhnlich bei 208 V, aber eine Spannung von 400 V wird immer häufiger. Im Rest der Welt liegt die Spannung von Dreiphasen-Stromkreisen bei 400 V (Europa und ein Großteil Asiens) und bei 415 V (Australien). Da handelsübliche IT-Geräte auf eine maximale Spannung von 240 V ausgelegt sind, muss die Schrank-PDU die Eingangsspannung an den PDU-Anschlüssen von 400 V in 230 V bzw. 240 V umwandeln.

In vielen Teilen der Erde sind elektrische Stromkreise auf 16 A oder 32 A ausgelegt. Hierbei handelt es sich um die tatsächliche Stromstärke, mit der die Geräte sicher betrieben werden können. In Nordamerika sind Elektrogeräte auf 15 A, 20 A, 30 A usw. ausgelegt. Gemäß dem Sicherheitsstandard für Elektroinstallationen NEC (National Electrical Code) müssen diese Werte aber um 20 % „herabgesetzt“ werden, um etwas Spielraum zu lassen. Dies bedeutet, dass in Nordamerika die tatsächlich bemessene Stromstärke eines Geräts mit einer Nennstromstärke von 20 A bei 16 A (20 A x 80 %) liegt.

Zur Angabe der tatsächlich verbrauchten Leistung (Wirkleistung) werden Watt (W) verwendet. Voltampere (VA) dienen der Angabe der verfügbaren Leistung (Scheinleistung). Stellen Sie sich die Scheinleistung als die Auslegungsbestimmungen vor. Ein Serverschrank mit einer Kapazität von 5,0 kVA verbraucht beispielsweise tatsächlich nur 4,2 kW. Dieses Whitepaper befolgt diese Konvention, aber die Begriffe „kW“ und „kVA“ werden oft synonym verwendet.

Was ist Drehstrom?

Für den Einsatz von Drehstrom in einem Serverschrank gibt es verschiedene Szenarien. Es können nur wenige Geräte vorhanden sein, von denen jedes viel Strom verbraucht (wie beispielsweise Blade-Server und Blade-Chassis mit einer Leistungsaufnahme von 5 kW oder mehr pro Chassis), oder viele Geräte mit einem mittleren Stromverbrauch (beispielsweise ein 42-HE-Serverschrank, der mit 42 1-HE-Servern mit einer Leistungsaufnahme von 200-300 Watt pro Server bestückt ist). In diesen Szenarien stehen verschiedene Möglichkeiten der Stromversorgung zur Verfügung. Eine Lösung für eine Situation, in der eine hohe Anschlussdichte versorgt wird, funktioniert möglicherweise auch in einer Situation, in der wenigen Geräten mit hohem Stromverbrauch viel Leistung zur Verfügung gestellt werden muss.

Einige Rechenzentrumsmanager fügen mehr Stromkreise hinzu, um mehr Leistung zu erhalten. Gewöhnlich ist es aber nicht sinnvoll, Geräte mit mehrfacher Stromversorgung wie beispielsweise Blade-Server über mehrere Stromleitungen zu versorgen. Es ist einfacher und stromsparender, zwei Drehstrom-PDUs im Serverschrank über Drehstromleitungen zu versorgen, die entweder unter Bodenplatten oder über einer abgehängten Decke verlegt werden können. Von den Drehstrom-PDUs im Serverschrank werden die Netzteile über kurze Kabel versorgt, was die Kabelführung erleichtert und die Luftzirkulation unter den Bodenplatten weniger beeinträchtigt. Des Weiteren werden Einsparungen bei den verbauten Kabeln und Komponenten erzielt.

Bei der Planung des Strombedarfs ist es wichtig, den tatsächlichen Spitzenbedarf zu ermitteln und die Installation entsprechend durchzuführen. Wenn die Auslegung gemäß den werkseitigen Angaben der IT-Geräte erfolgt, werden die Kapazitäten zu hoch geplant. Eine Ausrichtung auf den durchschnittlichen Stromverbrauch reicht hingegen möglicherweise nicht aus, um Zeiten mit Spitzenbedarf abzudecken.

Drehstrom bei hoher Anschlussdichte

Wenn viele Geräte mit einem mittleren Stromverbrauch vorhanden sind, muss die Serverschrank-PDU über viele Stromanschlüsse verfügen.

In einem typischen Szenario mit einer normalen Dichte an 1-HE-Servern sind zwei Serverschrank-PDUs verbaut, um eine redundante Stromversorgung zu gewährleisten. Jede davon wird mit einer Auslastung von 40 % betrieben, damit der NEC-Auslastungsgrenzwert von 80 % (gültig in Nordamerika) nicht überschritten wird, wenn eine Einheit ausfällt. Gewöhnlich handelt es sich bei Anschlüssen für 1-HE-Server um Anschlüsse des Typs IEC C-13 (bis zu 250 V, 10 A international, 15 A UL) und NEMA 5-20R (bis zu 125 V, 20 A, 16 A bemessen). In diesem Szenario ist eine Dreiphasen-Schaltschrank-PDU mit 208 V und 50 A und bis zu 54 Anschlüssen mit einer Leistung von 14,4 kW pro Serverschrank nicht ungewöhnlich.

208 V einphasig vs. 208 V dreiphasig

Wenn jeder Server durchschnittlich 200 W verbraucht, liegt der Gesamtstromverbrauch bei $42 \times 200 \text{ W} = 8,4 \text{ kW}$. Der voll bestückte Serverschrank hat in diesem Fall eine Leistungsaufnahme von 8,4 kW. Bei der Auswahl einer Serverschrank-PDU für diese Last kommen nur Geräte mit einer Kapazität von mehr als 8,4 kW infrage. Serverschrank-PDUs werden mit einer bestimmten Spannung, Phasenzahl und Stromstärke beworben, wobei der NEC-Auslastungsgrenzwert von 80 % bei den kW-Angaben gewöhnlich bereits berücksichtigt ist.

Da bei Dreiphasenstrom die Sinuskurven um 120 Grad versetzt sind, ist die Berechnung der VA etwas komplexer als bei Einphasenstrom, da die Wurzel aus 3 (1,732) verwendet wird. Die Formel zur Berechnung der Scheinleistung für Dreiphasenstrom ist $V \times A \text{ „herabgesetzt“} \times 1,732 = VA$. Ein Dreiphasen-Delta-System bietet somit drei einzelne Stromkreise und über 70 % mehr Gesamtleistung als ein vergleichbarer einzelner einphasiger Stromkreis.

Eine Dreiphasen-Schaltschrank-PDU mit 30 A und 208 V ist beispielsweise für 8,6 kW geeignet. Die Berechnung ergibt sich folgendermaßen:

$$24 \text{ A (80 \% von 30 A)} \times 208 \text{ V} \times \text{Wurzel aus 3 (1,73)} = 8,6 \text{ kW}$$

NICHT $30 \text{ A} \times 208 \text{ V} \times 1,73 = 10,8 \text{ kW}$

Drehstromversorgung von IT-Serverschränken

Wenn Sie den Serverschrank dagegen mit Einphasen-Stromkreisen versorgen, benötigen Sie für eine Leistung von 8,4 kW eine Serverschrank-PDU mit mindestens 60 A. Die Berechnung ergibt sich folgendermaßen:

$$48 \text{ A (80 \% von 60 A)} * 208\text{V} = 10 \text{ kW}$$

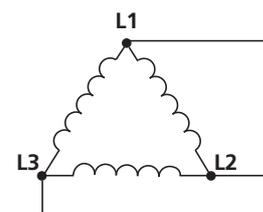
Wenn Sie nun zusätzlichen Spielraum für Wachstum und eine möglicherweise zunehmende Serverauslastung einplanen möchten, durch die der Stromverbrauch auf durchschnittlich über 200 W ansteigt, wäre eine Serverschrank-PDU mit 50 A, 208 V und drei Phasen eine Lösung. Diese ist für Leistungen von bis zu 14,4 kW geeignet. Die Berechnung ergibt sich folgendermaßen:

$$40 \text{ A (80 \% von 50 A)} * 208 \text{ V} * \text{Wurzel aus } 3 (1,73) = 14,4 \text{ kW}$$

Mithilfe der Dreiphasen-Stromversorgung bietet eine Stromleitung oder eine Schaltschrank-PDU drei Stromkreise anstatt nur einem. Die Stromleitung der Serverschrank-PDU ist bei Dreiphasenstrom größer, da in einem Dreiphasenstromkabel anstatt drei Drähten (Stromführender Leiter, Neutralleiter und Schutzleiter) vier (Delta) oder fünf (Ypsilon) Drähte vorhanden sind. Dreiphasenstromkabel können etwas größer sein als Einphasenstromkabel, aber man sollte berücksichtigen, dass ein etwas dickeres Dreiphasenstromkabel kleiner ist und weniger wiegt als drei Einphasenstromkabel für die gleiche Spannung und Stromstärke. Des Weiteren ist ein Einphasenstromkabel für höhere Stromstärken u. U. größer als ein Dreiphasenstromkabel für niedrigere Stromstärken.

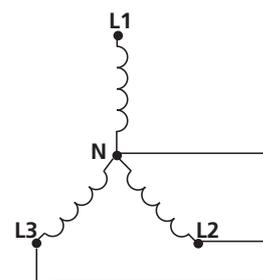
Delta- vs. Ypsilon-Dreiphasenstrom

Es gibt zwei Arten von Dreiphasenstrom: Delta und Ypsilon wobei erstere in Europa keine Anwendung findet. Beim Delta-Dreiphasenstrom kommen vier Drähte zum Einsatz: Leitung 1 (Stromführender Leiter), Leitung 2 (Stromführender Leiter), Leitung 3 (Stromführender Leiter) und ein Schutzleiter. Einzelne Stromkreise ergeben sich durch Kombinieren der Leitungen. Es sind drei Stromkreise möglich: L1+L2, L2+L3 und L1+L3.



Delta
(Δ)

Beim Ypsilon-Dreiphasenstrom kommen fünf Drähte zum Einsatz: Leitung 1 (Stromführender Leiter), Leitung 2 (Stromführender Leiter), Leitung 3 (Stromführender Leiter), ein Neutralleiter und ein Schutzleiter. Einzelne Stromkreise ergeben sich durch Kombinieren der Leitungen untereinander und durch Kombinieren einer Leitung mit dem Neutralleiter. Beispiel: Eine Schaltschrank-PDU mit 208 V-Ypsilon-Dreiphasenstrom bietet drei 208 V-Stromkreise (L1+L2, L2+L3, L1+L3) und drei 120 V-Stromkreise (L1+N, L2+N, L3+N). Delta-Dreiphasenstrom und Ypsilon-Dreiphasenstrom verfügen über die gleiche Scheinleistung, aber Ypsilon-Dreiphasenstrom ist in der Lage, zwei verschiedene Spannungen zur Verfügung zu stellen, während Delta-Dreiphasenstrom nur eine Spannung bietet.



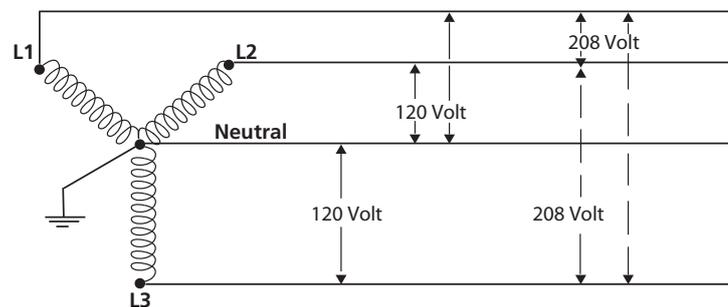
Ypsilon
(Υ)

In Nordamerika müssen u. U. handelsübliche 120 V-Steckdosen (beispielsweise NEMA 5-15R (120 V, 15 A, 12 A bemessen) oder 5-20R (120 V, 20 A, 16 A bemessen) vorhanden sein. Diese können von PDU's mit 208 V-Ypsilon-Dreiphasenstrom versorgt werden, bei denen durch eine Kombination der Leitungen untereinander (L1, L2, L3) und der Leitungen mit dem Neutralleiter sowohl 208 V- als auch 120 V-Anschlüsse versorgt werden können.

Egal ob es sich um Delta- oder Ypsilon-Dreiphasenstrom handelt, die Spannung der Serverschrank-PDU wird immer im Hinblick auf die Spannung „Leitung-zu-Leitung“ angegeben und nicht auf die Spannung „Leitung-zu-Neutralleiter“. Dies trifft auch auf das Beispiel mit 400-V-Dreiphasenstrom auf Seite sieben zu, in dem bei allen Anschlüssen eine Leitung mit dem Neutralleiter verkabelt ist.

Drehstromversorgung von IT-Serverschränken

Da der einzige Unterschied zwischen Delta und Ypsilon darin liegt, ob ein Neutralleiter vorhanden ist, kommen in vielen Rechenzentren eine Ypsilon-Verkabelung und Stromleitungen mit Ypsilon-Buchsen wie der NEMA L21-30R zum Einsatz. Somit können in diesen Rechenzentren ohne Änderungen an der Kabelinfrastruktur sowohl Ypsilon-PDUs, welche für 120 V/208 V geeignet sind, als auch Delta-PDUs, die ausschließlich für 208 V geeignet sind, verwendet werden. Bei einer Delta-PDU käme ein NEMA L21-30P (der dazugehörige Ypsilon-Stecker) zum Einsatz, bei dem jedoch der Neutralleiter in der PDU nicht verwendet würde. Dies ist gängige Praxis. In einem Rechenzentrum könnten z. B. Delta-PDUs in Serverschränken verbaut werden, in denen nur 208 V benötigt werden, und Ypsilon-PDUs in Serverschränken, in denen sowohl 120 V als auch 208 V zur Verfügung stehen müssen.



Weitere Informationen finden Sie im Beitrag ["How to Calculate Current on a 3-phase, 208V Rack PDU \(Power Strip\)"](#) (Berechnung der Stromstärke für eine Serverschrank-PDU (Stromleiste) mit 208-V-Dreiphasenstrom) von Raritan. Hier können Sie auch einen Dreiphasenstrom-Rechner herunterladen.

Drehstrom bei niedriger Anschlussdichte

Bei einem Serverschrank, in dem wenige Geräte vorhanden sind, von denen jedes viel Strom verbraucht (wie beispielsweise Blade-Server mit einer Leistungsaufnahme von 5 kW und mehr pro Blade-Chassis bzw. Netzwerk- oder Speichergeräte in Rechenzentren), ist die insgesamt benötigte Leistung vergleichbar (wenn nicht sogar höher) mit obigem Beispiel mit hoher Anschlussdichte, aber die Anzahl und die Art der Anschlüsse sind möglicherweise anders.

Die Dichte für Geräte wie Blade-Server hängt von deren Anzahl an Stromversorgungen (oft zwischen zwei und sechs aus Gründen der Redundanz), von der Konfiguration der Stromversorgungen (oft werden einige Stromversorgungen nahe an deren maximaler Leistung betrieben, während andere sich im Leerlauf befinden, da Stromversorgungen am effektivsten sind, wenn sie mit maximaler Leistung betrieben werden) und von der Anzahl der in einem Serverschrank verbauten Geräte ab.

Wenn wenige Geräte viel Leistung benötigen, bedeutet dies nicht, dass viele Anschlüsse benötigt werden. Es werden aber möglicherweise Anschlüsse benötigt, die hohe Leistungen liefern können. Typische Anschlüsse für Geräte mit einer hohen Leistungsaufnahme wie Blade-Server mit 208 V oder 230 V sind: IEC C-13 (bis zu 250 V, 10 A international, 15 A UL) oder C-19 (bis zu 250 V, 16 A international, 20 A UL) oder, wenn auch nicht so häufig, Sperranschlüsse des Typs NEMA L6-20R (bis zu 250 V, 20 A, 16 A bemessen) oder L6-30R (bis zu 250 V, 30 A, 24 A bemessen). In einigen Fällen verbauen Hersteller von Blade-Servern bei Blade-Chassis werkseitig Stromanschlüsse für Dreiphasen-Stecker/-Buchsen mit 30 A.

Ein Beispiel wäre eine Schaltschrank-PDU mit Dreiphasenstrom mit 60 A, 208 V und 12 Anschlüssen des Typs IEC C-19. In diesem Szenario könnte ein Anschluss bis zu drei Blade-Chassis mit sechs Netzteilen und einer Leistung von bis zu 5,7 kW oder vier Blade-Chassis mit sechs Netzteilen und einer Leistung von bis zu 4,3 kW versorgen. Die Berechnung ergibt sich folgendermaßen:

Beispiel für Dreiphasenstrom mit 400 V

$$48 \text{ A (80 \% von 60 A)} * 208 \text{ V} * \text{Wurzel aus } 3 (1,73) = 8,6 \text{ kW}$$

$$17,3 \text{ kW} / 3 \text{ Chassis} = 5,7 \text{ kW}$$

$$17,3 \text{ kW} / 4 \text{ Chassis} = 4,3 \text{ kW}$$

Dreiphasenstrom mit 400 V

Wie im vorherigen Beispiel mit 208 V/120 V gesehen, ist eine Verkabelung für Ypsilon-Dreiphasenstrom eine gute Möglichkeit, um die Spannung herunter zu transformieren. Dies trifft vor allem bei 400 V zu. Es ist gängige Praxis, dicht bestückte Serverschränke, die viel Leistung benötigen, über Schaltschrank-PDUs mit 400-V-Ypsilon-Dreiphasenstrom zu versorgen. Bei der Planung von Rechenzentren könnten 400-V-Ypsilon-Stromleitungen zu Schaltschrank-PDUs mit 400-V-Ypsilon-Dreiphasenstrom gelegt werden. Da viele Geräte in Rechenzentren mit einer Spannung von bis zu 240 V betrieben werden, kann die Schaltschrank-PDU mit 400-V-Ypsilon-Dreiphasenstrom drei Stromkreise zur Verfügung stellen, von denen jeder 230 V (400 V/1,732) liefert: L1+N, L2+N, L3+N. Beachten Sie, dass Schaltschrank-PDUs mit 400-V-Ypsilon-Dreiphasenstrom nicht in der Lage sind, 120 V zu liefern, wie es Schaltschrank-PDUs mit 208 V-Ypsilon-Dreiphasenstrom können.

480 V/277 V – ein neues Szenario für die Bereitstellung von Drehstrom

Facebook und OpenCompute haben eine Überprüfung ihrer Rechenzentren und der dort verbauten Geräte durchgeführt. Um die Effizienz der Rechenzentren zu maximieren, wurde eine Stromversorgung mit 480-V-Ypsilon-Dreiphasenstrom gewählt, bei der jede Leitung mit dem Neutralleiter kombiniert wird. Die Anschlüsse bieten somit eine Spannung von 277 V. Diese Ypsilon-Konfiguration, bei der die Leitungen mit dem Neutralleiter verkabelt sind, gleicht der Konfiguration im obigen Beispiel mit 400 V/230 V. Die Herangehensweise von Facebook und OpenCompute erhöht die Effizienz, ist jedoch in einem hohen Maß an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst. Heutige IT-Geräte verfügen in der Regel nicht über Netzteile, die auf 277 V ausgelegt sind. Üblicherweise in Rechenzentren verbaute Buchsen sind beispielsweise die Modelle IEC C-13 und C-19, und diese sind nicht auf 277 V ausgelegt.

Die Herangehensweise von Facebook und OpenCompute bietet sowohl eine erhöhte Effizienz als auch Sparpotenzial (1 % bis 2 % gegenüber 400-V-/230-V-Dreiphasenstrom), jedoch sind speziell angefertigte Triplett-Racks, Server, Netzteile, USVs sowie Serverschrank-PDUs mit 480 V/277 V nötig. Das Konzept an sich ist hervorragend, aber da es sich hierbei momentan noch nicht um einen Industriestandard handelt, könnte die Anwendung in den meisten Rechenzentren eine Herausforderung darstellen.

Nebenstromkreisschutz

Seit April 2003 ist von Underwriters Laboratories (UL) vorgeschrieben, dass für PDUs, bei denen die eingehende Stromstärke größer ist als die ausgehende Stromstärke, z. B. bei einer Konfiguration mit einem Eingang von 30 A (24 A bemessen) und Ausgängen mit 20 A (16 A bemessen), ein Nebenstromkreisschutz in Form von Trennschaltern oder Sicherungen vorhanden sein muss. Für Serverschrank-PDUs mit 15 A und 20 A (12 A und 16 A bemessen) werden keine Nebenstromkreis-Trennschalter benötigt, da hier davon ausgegangen wird, dass Trennschalter in vorgeschalteten Schaltbrettern ausreichenden Schutz bieten. Serverschrank-PDUs mit Trennschaltern oder Sicherungen sind wie kleine Nebenschaltbretter. Beispielsweise verfügt eine dreiphasige PDU mit 208 V und 30 A (24 A bemessen) über drei Stromkreise, und jeder Stromkreis/jede Anschlussgruppe ist durch einen 20 A-Trennschalter gesichert.

Trennschalter: einpolige vs. zwei- und dreipolige Ausführung

Ein wichtiger Faktor, den es zu berücksichtigen gilt, ist die Zuverlässigkeit und Flexibilität der Konfiguration des Nebenstromkreis-Trennschalters. Trennschalter sind gewöhnlich in ein-, zwei- und dreipoliger Ausführung erhältlich. Die Verwendung zweipoliger (bzw. dreipoliger) Trennschalter für zwei (bzw. drei) Stromkreise ist am kostengünstigsten, hat aber auch einige Nachteile. Zweipolige Trennschalter lösen aus, wenn einer der beiden Stromkreise, die sie schützen, überlastet ist. Dies bedeutet, dass zweipolige Trennschalter weniger zuverlässig sind. Zweipolige Trennschalter haben einen weiteren Nachteil: Wenn ein Stromkreis (z. B. zu Wartungszwecken) abgeschaltet werden muss, muss zwangsweise auch der zweite Stromkreis abgeschaltet werden. Bei einigen Serverschrank-PDUs hingegen wird jeder Stromkreis über einen einpoligen Trennschalter geschützt. Diese Lösung ist zwar kostenintensiver, jedoch sind einpolige Trennschalter zuverlässiger und haben weniger Nachteile. Serverschrank-PDUs, bei denen ein einzelner Stromkreis abgeschaltet werden kann, bieten daher mehr Zuverlässigkeit und Flexibilität.

Trennschalterüberwachung und Leitungsmessung

Die Überwachung von Trennschaltern ist bei jeder Serverschrank-PDU mit Nebenstromkreis-Trennschaltern eine nützliche Funktion. Bei Verwendung von Drehstrom ist diese jedoch besonders wichtig, da die Folgen eines ausgelösten Trennschalters katastrophal sein können; so droht z.B. der Verlust mehrerer Blade-Server. Wenn der Trennschalter überwacht wird, hat der Endbenutzer die Möglichkeit, einen Grenzwert zu setzen. Wird dieser überschritten, erfolgt eine Meldung, damit der Endbenutzer weiß, dass der Stromverbrauch reduziert werden muss, da ansonsten der Trennschalter auslöst.

Die für Serverschrank-PDUs mit Dreiphasenstrom ausgelegte Leitungsmessung hilft bei der Lastverteilung der einzelnen Leitungen. Wenn über eine Leitung im Vergleich zu einer anderen Leitung zu viel Strom geführt wird, wird verfügbarer Strom verschwendet und der Neutralleiter bei PDUs mit Ypsilon-Konfiguration möglicherweise überlastet.

Sicherungen vs. Trennschalter

Sicherungen haben im Vergleich zu Trennschaltern viele Nachteile. Es müssen Ersatzsicherungen gelagert werden, oftmals müssen Sicherungen von ausgebildeten Elektrikern eingebaut werden und zur Sicherstellung eines zuverlässigen Schutzes muss die richtige Sicherung verwendet werden. Für den Schutz einzelner Anschlüsse stellen Sicherungen jedoch u. U. die einzige praktikable Möglichkeit dar.

Weitere Überlegungen für Funktionen intelligenter Serverschrank-PDUs

Remoteüberwachung und -messung der Stromzufuhr

Die Remoteüberwachung und -messung der Stromzufuhr sollte alle relevanten Informationen abdecken, nicht nur die Stromaufnahme. Dazu zählen die Stromstärke (Ampere), die Spannung, die Leistung (kVA, kW) und der Energieverbrauch (kWh). Da anhand des kWh-Werts der Stromverbrauch gemessen bzw. berechnet wird, sollte dieser Wert genau sein, also innerhalb der von der ISO/IEC festgelegten Toleranz für die Abrechnungsgenauigkeit von +/- 1 % liegen. Da sich in einem Serverschrank u. U. Geräte für verschiedene Abteilungen oder Kunden befinden, sollte im Idealfall ein dedizierter Strommesschip für jeden Anschluss vorhanden sein.

Zur Verwaltung der Stromverteilung am Serverschrank sollten relevante Informationen von einzelnen Anschlüssen, Einheiten, Leitungen und Trennschaltern verfügbar sein, wobei die Aufzeichnung und die Pufferung der Stromdaten vom Benutzer anpassbar sein sollte. Bei der Überschreitung von Grenzwerten sollten Meldungen per SNMP, E-Mail, SMS und Syslog versendet werden. Sowohl innerhalb einer Serverschrank-PDU als auch über mehrere Serverschrank-PDUs hinweg sollte das Wechseln zwischen einzelnen Anschlüssen und Gruppen von Anschlüssen möglich sein. Über vom Benutzer konfigurierbare Verzögerungen auf Portebene können Rechenzentrumsmanager Einschaltströme reduzieren und logische Einschaltsequenzen erstellen.

Vor allem beim Konfigurieren mehrerer Serverschrank-PDUs oder beim Sammeln ihrer Daten ist die Kompatibilität mit Energieverwaltungssoftware nützlich. Verbrauchsberichte nach Abteilung, Standort oder Gerät sowie Verbrauchspläne über längere Zeiträume und Daten zur verfügbaren Kapazität in Relation zum tatsächlichen Verbrauch unterstützen Rechenzentrumsmanager dabei, den Betrieb besser und effizienter zu gestalten.

Flexible und vielseitige Anschlüsse

Es bedarf eines sicheren Remotezugriffs über Ethernet sowie serieller Anschlüsse, um die Remoteüberwachung, -messung und -verwaltung zu ermöglichen. Um ausreichend Sicherheit zu bieten, muss eine intelligente Serverschrank-PDU über eine starke Verschlüsselung und sichere Passwörter verfügen sowie über erweiterte Autorisierungsoptionen einschließlich Berechtigungen, LDAP/S und Active Directory.

Über USB-A-Anschlüsse (Host) und USB-B-Anschlüsse (Gerät) können viele USB-Geräte wie beispielsweise Memorysticks zum Herunterladen von Firmware und Standardkonfigurationen sowie zum Speichern erfasster Daten und zum Anschließen von Webcams verwendet werden. Intelligente PDUs verfügen u. U. über zusätzliche Anschlüsse für Spezialgeräte wie beispielsweise Sensoren oder über WLAN-Unterstützung.

Umgebungssensoren und maximale Betriebstemperaturen

IT-Geräte wandeln jedes aufgenommene Watt Leistung in ein Watt Wärme um. Serverschränke mit Drehstromversorgung müssen ausreichend gekühlt werden und die Geräte im Serverschrank müssen die hohen Temperaturen aushalten können. Die Leistung des Kühlsystems muss auf die IT-Auslastung in Serverschränken mit Drehstromversorgung ausgelegt sein. Einige intelligente Serverschrank-PDUs bieten Unterstützung für externe Sensoren zur Überwachung des Kaltluftstroms um sicherzustellen, dass das Kühlsystem konstant eine Temperatur von beispielsweise 25°C aufrechterhalten kann.

Betrachten wir jedoch Geräte, die in anderen Bereichen des Serverschranks verbaut sind. Vor allem Serverschrank-PDUs befinden sich gewöhnlich in einem viel wärmeren Warmgang oder hinten im Serverschrank. Bei Serverschränken mit Drehstromzufuhr ist die Abwärme der IT-Geräte viel höher. Daher sind einige intelligente Serverschrank-PDUs auf einen Betrieb bei 60°C ausgelegt.

Vor allem beim Sammeln der Daten mehrerer Sensoren, die an verschiedenen Serverschrank-PDUs angebracht sind, ist es hilfreich, wenn die Sensoren der Serverschrank-PDUs mit einer Energieverwaltungssoftware kompatibel sind. Durch die Planung des Einsatzes von Sensoren anhand von Diagrammen über die relative Luftfeuchtigkeit und Temperatur können Rechenzentrumsmanager feststellen, ob sich alle Bereiche innerhalb der von der ASHRAE bzw. vom Gerätehersteller oder vom Unternehmen festgelegten Umgebungsrichtwerten befinden. Dies ist auch bei der Langzeitplanung der Umgebungsbedingungen hilfreich, um festzustellen, ob Änderungen an Geräten oder Prozessen einen Einfluss auf die Temperatur, die Luftzirkulation oder den Luftdruck an einer bestimmten oder mehreren Stellen haben.

Vorteile einer höheren Spannung für Serverschränke mit Drehstromzufuhr

Eine höhere Spannung bei niedrigerer Stromstärke bedeutet kleinere Kabel, weniger Kupfer, weniger Gewicht, geringerer Platzbedarf und geringere Kosten. Die Verwendung von Dreiphasenstrom anstelle von Einphasenstrom hat zur Folge, dass weniger Kabel benötigt werden. Dies vereinfacht die Bereitstellung und bietet den Vorteil, dass weniger Kupfer benötigt wird, was wiederum weniger Gewicht und geringere Kosten bedeutet.

	30 A	30 A	30 A	60 A
Phase	Einphasig	Dreiphasen-Delta	Dreiphasen-Ypsilon	Dreiphasen-Delta
Eingangsspannung	208 V	208 V	400 V	208 V
Ausgangsspannung	208 V	208 V	230 V	208 V
Scheinleistung	5,0 kVA	8,6 kVA	16,6 kVA	17,3 kVA
1-HE-Server	24	41	80	83
2-HE-Server	24	41	80	83
Blade-Chassis	1	1-2	3-4	3-4

Nordamerika: PDU-Leistungsdichte 208 V vs. 400 V

Drehstromversorgung von IT-Serverschränken

	32 A	16 A	32 A	63 A
Phase	Einphasig	Dreiphasen-Ypsilon	Dreiphasen-Ypsilon	Dreiphasen-Ypsilon
Eingangsspannung	230 V	400 V	400 V	400 V
Ausgangsspannung	230 V	230 V	230 V	230 V
Scheinleistung	7,4 kVA	11,1 kVA	22,1 kVA	43,6 kVA
1-HE-Server	35	53	107	83
2-HE-Server	35	53	106	83
Blade-Chassis	1	2	4	8-9

Europa und Asien: PDU-Leistungsdichte 230 V vs. 400 V

Stecker und Buchsen für höhere Spannungen und niedrigere Stromstärken sind günstiger. Beispielsweise kostet ein Stecker für Ypsilon-Dreiphasenstrom mit 30 A und 400 V (16,6 kVA; Hubbell NEMA L22-30P) 32 US-Dollar, die dazugehörige Buchse kostet 41 US-Dollar. Ein Stecker für Delta-Dreiphasenstrom mit 60 A und 208 V (17,3 kVA; Mennekes IEC309 460P9W) kostet 166 US-Dollar, und die dazugehörige Buchse kostet 216 US-Dollar. Ein Stecker und eine Buchse kosten also zusammen 73 US-Dollar bzw. 382 US-Dollar.

Eine höhere Spannung bietet noch weitere Vorteile. Dadurch, dass keine Spannungsumwandlung nötig ist, sinken die Energiekosten beim Einsatz von 400 V um ca. 2-3 % im Vergleich zum Einsatz von 208 V und um ca. 4-5 % verglichen mit dem Einsatz von 120 V.

Warum eine höhere Spannung in Rechenzentren besser ist

Durch den Zusammenschluss von Rechenzentren verringert sich möglicherweise der Stromverbrauch insgesamt, aber der Strombedarf konzentriert sich auf ein Rechenzentrum bzw. eine Gruppe von dicht bestückten Serverschränken. Bei Betrachtung der Beispiele in der oben gezeigten Tabelle für Nordamerika könnte ein Rechenzentrumsmanager anstatt der Ausgangskonfiguration von Einphasenstrom mit 30 A und 208 V, der 5,0 kVA liefert, eine andere Konfiguration für die Stromversorgung eines Serverschranks mit IT-Geräten, die mit einer Spannung von bis zu 240 V betrieben werden können, wählen. Bei gleichbleibenden 30 A und Ersetzen des vorhandenen Einphasenstroms mit 208 V durch Dreiphasenstrom mit 208 V könnte eine Leistung von 8,6 kVA erreicht werden, was eine Leistungssteigerung von mehr als 70 % bedeutet. Bei einem größeren Leistungsbedarf am Serverschrank könnte durch eine Umstellung auf Dreiphasenstrom mit 400 V bei gleichbleibenden 30 A die Leistung auf 16,6 kVA gesteigert werden, eine Steigerung von über 90 % im Vergleich zum Dreiphasenstrom mit 208 V und mehr als das Dreifache des ursprünglichen Einphasenstroms mit 208 V.

Die Verkabelung nimmt bei der Umstellung von Einphasen- auf Dreiphasen-Strom etwas mehr Platz in Anspruch. Da aber die Stromstärke von 30 A beibehalten wurde, werden für die zusätzlichen Phasen nur etwas größere Kabel benötigt, wobei die verfügbare Leistung jedoch drastisch ansteigt. Eine ähnliche Leistungssteigerung bei Verwendung von Einphasenstrom mit 208 V wäre nur durch die Erhöhung der Stromstärke auf 50 A (um die Leistung von Dreiphasenstrom mit 208 V zu erreichen) bzw. 100 A (um die Leistung von Dreiphasenstrom mit 400 V zu erreichen) möglich. Die hierfür benötigten Kabel wären sehr viel größer als die Kabel für 30 A, es wäre die dreifache Anzahl an Kabeln nötig, und das Rechenzentrum könnte die Effizienz, die eine höhere Spannung mit sich bringt, nicht ausnutzen.

Ist die Zeit reif für Drehstrom?

Unabhängig davon, ob Sie ein großes, ein mittelgroßes oder ein kleines Rechenzentrum betreiben – es ist möglicherweise an der Zeit, die Versorgung zumindest einiger Ihrer Serverschränke mit Drehstrom in Erwägung zu ziehen. Besonders gut eignen sich hierfür mit 1-HE-Servern bestückte Serverschränke, Serverschränke mit Blade-Servern und Serverschränke mit Netzwerk- oder Speichergeräten für das Rechenzentrum. Es gibt auch noch andere Vorteile. Durch eine höhere Spannung (sowohl bei Einphasen- als auch bei Dreiphasenstrom) werden die Übertragungsverluste reduziert, was wiederum Energie spart. Vor allem bei Dreiphasenstrom eignet sich eine höhere Spannung gut zur Steigerung der Leistungskapazität von Serverschränken ohne Kabelgewirr zu erzeugen und die Kühlluftzirkulation unter den Bodenplatten zu beeinträchtigen. In Verbindung mit einer lokalen In-Row- oder Overhead-Kühlung muss bei Drehstromschränken keine Kühlluft durch den Raum transportiert werden, was wiederum Energie spart.

Es gibt viele Möglichkeiten für den Einsatz von Drehstrom. In diesem Whitepaper wurden einige Beispiele vorgestellt. Was für Sie die beste Lösung ist, hängt von Ihrer aktuellen Situation und Ihren Plänen für die Zukunft ab. Die Verbreitung und die Akzeptanz von Dreiphasenstrom mit 400 V nimmt immer mehr zu. Daher sollten auch Sie über einen Einsatz nachdenken.

Dicht bestückte Serverschränke gibt es in kleinen, mittelgroßen und großen Rechenzentren. Auch in unserem eigenen kleinen Rechenzentrum haben wir die Temperaturen auf erhöhte Kühlkapazitäten ausgerichtet, um Serverschränke dichter bestücken zu können. Der Gesamtstromverbrauch eines kleinen Rechenzentrums ist vielleicht nicht sehr hoch, es gibt jedoch auch Serverschränke mit mehreren Blade-Servern oder dicht bestückten 1-HE-Servern, die so viel Strom verbrauchen wie ähnliche Serverschränke in einem Rechenzentrum mit einer Leistung von mehreren Megawatt.

Über Raritan

Raritan ist ein anerkannter Vorreiter in den Bereichen Strom- und Infrastrukturmanagement, KVM-Lösungen und serielle Lösungen für Rechenzentren aller Größenordnungen. Die preisgekrönten Hardware- und Softwarelösungen von Raritan – intelligente Serverschrank-PDUs und Energieverwaltungssoftware, DCIM-Softwarelösungen zur effektiven Verwaltung von Kapazität, Anlagen und Änderungen in Rechenzentren sowie Produkte für KVM-über-IP und den Seriell-über-IP-Zugriff – sorgen an über 50.000 Standorten auf der ganzen Welt dafür, dass den Leitern, Managern und Administratoren von IT-Abteilungen die Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen, die sie benötigen, um die Effizienz der Stromzufuhrverwaltung zu erhöhen, die Produktivität von Rechenzentren zu steigern und den Betrieb in Zweigniederlassungen zu optimieren. Der Hauptsitz von Raritan befindet sich in Somerset (US-Bundesstaat New Jersey), und die weltweiten Niederlassungen betreuen Kunden in 76 Ländern. Besuchen Sie uns unter Raritan.de, oder verfolgen Sie den Raritan-Blog. Raritan ist ein aktives Mitglied der Vereinigungen Green Grid, Climate Savers Computing Initiative und Leadership in Energy and Environmental Design. Die Firma wurde von der US-amerikanischen Umweltschutzbehörde EPA für ihren Beitrag zur Rechenzentrumsinitiative der Agentur gewürdigt.