

BETRACHTUNGEN ZU TRANSFORMATOREN, STEUERTRANSFORMATOREN UND NETZGERÄTEN



Autor: Bruno Senn,
Geschäftsführer der
CARL GEISSER AG in 8117
Fällanden und vertritt
Habermann in der Schweiz.

Transformatoren haben die moderne Energietechnik erst ermöglicht. Die anfänglich praktizierte Gleichstromtechnik erlaubte nicht, Energie über grössere Entfernungen zu transportieren und zu verändern. Die Erfindung des Transformators durch Tesla leitete erst das moderne Zeitalter der Elektrizität ein. Als so genannte ruhende elektrische Maschinen hat keine Einrichtung einen derart hohen Wirkungsgrad von bis zu 99,5 %.



In den einzelnen Ländern wurden Vorschriften für elektrische Anlagen und Komponenten frühzeitig erlassen, die in der Schweiz durch den Elektrotechnischen Verein SEV als prüfende und dem Starkstrominspektorat als bewilligungserteilende Institutionen durchgeführt wurden. Über lange Zeit hinweg durften Transformatoren ohne SEV Zeichen in der Schweiz weder ausgestellt, angeboten noch verkauft werden. Es drohten empfindliche Strafen für den Zuwiderhandelnden. Bewilligungen konnten nur Schweizer Firmen erhalten. Durch die Änderung der nationalen in EU Vorschriften wurde die Prüfungspflicht in der Schweiz für Transformatoren erlassen. Eine Konformitätserklärung in der EU für Hersteller, in der jährlich die Einhaltung der für das Produkt bestehenden EU Vorschriften bestätigt werden muss, ist der Ersatz dafür und die Sicherheit für den Käufer. Diese Erklärung erfüllt die Regeln der Produkthaftung und erhält jeder Kunde vom Produzenten zum Beginn der Geschäftsbeziehung sowie in regelmässigem Zeitabstand.

Neben den für die Übertragung und Verteilung von elektrischer Energie verwendeten Hochspannungstransformatoren grosser Leistungen hauptsächlich in Ölausführung möchte ich im Wesentlichen über die in der Maschinenindustrie und im Steuerungsbau zur Anwendung kommenden Anpass- und Steuertransformatoren referieren.

BERECHNUNG DER TRANSFORMATOREN

Transformatoren werden heute wie viele andere technische Produkte mit Computerprogrammen berechnet und in Testprogrammen optimiert. Wenn der Kunde dem Hersteller sämtliche Parameter eines gewünschten Transformators angibt und wenn die Kontrollmessungen auch genau bei diesen Werten durchgeführt werden, so wird er feststellen, dass die geforderten Werte eingehalten werden. Wenn Abweichungen vom Kunden bemängelt werden, so lässt sich immer feststellen, dass die Messungen nicht bei der angegebenen Raumtemperatur durchgeführt wurden, die bis zum Erreichen

des Beharrungszustandes konstant gehalten werden muss, oder dass die Belastung nicht den angegebenen Werten entspricht. Das bekannteste Berechnungsprogramm weltweit ist das der Firma RALE in Wettingen, für das wir mit allen einzelnen Optionen über 100 000 Franken ausgeben mussten.

NORMUNG

Die für Transformatoren verwendeten Einzelteile, nämlich Wickelkörper, Dynamo bzw. Kernbleche sowie Befestigungswinkel und -platten, sind genormt in der DIN 41301 bis 41307, ebenso die Raumbedarfsmasse. Durch diese Normteile sowie die einzuhaltenden Grenzwerte der Vorschriften ergibt sich zwangsläufig ein gewisser Platzbedarf für einen Transformator einer bestimmten Leistung. Verwendetes Material für die Eisenkerne der Transformatoren ist in Qualitäten von 330 bis 900 Watt Verlust bei 100 kg erhältlich. Doch egal ob billiges oder teures Material verwendet wird, der Hersteller muss die vorschriftsmässigen Erwärmungswerte und Spannungsabfälle einhalten.

VORSCHRIFTEN

Die von jedem Hersteller zwingend einzuhaltende Vorschrift für diese im Vortrag behandelten Ein- und Dreiphasentransformatoren ist die EN 61558 mit den einzelnen Untervorschriften für Trenn- bis Spielzeug-, Medizin- und Baustellentransformatoren. In diesen Vorschriften sind die Betriebsbedingungen bei Nennbetrieb, die Spannungsdifferenz zwischen Last- und Leerlauf, die Grenzwerte der Erwärmung der Wicklungen, der Anschlussklemmen sowie berührbarer Teile sowie die Prüfspannungen neben den Bedingungen der mechanischen Ausführung klar definiert.

Gegenüber allen anderen Komponenten in elektrischen Steuerungen sind Transformatoren häufig die einzigen kundenspezifisch hergestellten Produkte. In jahrzehntelanger Tätigkeit habe ich immer wieder festgestellt, dass über dieses Produkt bei Einkäufern und Anwendungstechnikern die meisten Unklarheiten und Zweifel herrschen. An die Nennbelastung von Schützen oder Relais, an die Werte von Sicherungen, an die Querschnittsangaben von Kabelherstellern wird immer geglaubt, Bedenken an die Qualität der Transformatoren sind hingegen grundsätzlich vorhanden. Dies nicht zuletzt deswegen, weil die einzuhaltenden Vorschriften und deren Punkte weitgehend nicht bekannt sind oder falsch ausgelegt werden.

Folgende Punkte führen immer wieder zu Unklarheiten und Zweifeln bei Anwendern:

Erwärmung

Die maximalen Grenzwerte der Erwärmung sind in den Vorschriften als Übertemperaturen im bestimmungsgemässen Gebrauch (Nennbetrieb bei Erreichen der Behältertemperatur) angegeben. Wenn also wie fast immer üblich die Temperatur mit irgendeinem Fühlerthermometer gemessen wird, dann muss natürlich die Raumtemperatur vom gemessenen Wert abgezogen werden. Wicklungsübertemperaturen werden durch Messung des Kalt- und Warmwiderstands ermittelt und nicht durch Fühlerthermometer. Die zulässigen Grenztemperaturen auch der Kernpakete sind jenseits der durch Handauflegen fühlbaren Temperaturen und werden im Allgemeinen als relativ warm empfunden, weil sich das Eisenpaket durch die Ummagnetisierungsverluste auch dann nicht unerheblich erwärmt, wenn keine Leistung entnommen wird.

Spannungsdifferenz

Der Unterschied zwischen Last- und Leerlaufspannung ist in den Vorschriften leistungsabhängig bei Nennlast definiert. Auch hier wie bei allen anderen Punkten der Vorschrift wird von →



- a) Bestimmungsgemässen Gebrauch und
- b) Nennbetrieb ausgegangen.

Bei Transformatoren über 1 kVA sind die Unterschiede zwischen Last- und Leerlaufspannung im Allgemeinen unter 5 Prozent. In der Vorschrift ist ein Unterschied zwischen der Nennspannung und der tatsächlichen Ausgangsspannung je nach Leistung von 100 Prozent bis 10 VA und bis 5 Prozent ab 630 VA zulässig.

Auslegung, Eigenschaften und Bestellhilfen

Wenn der Anwender dem Hersteller nicht über die Vorschriften hinausgehende detaillierte Angaben über Montageort, Verwendung und Betrieb der einzusetzenden Transformatoren zur Verfügung stellt, wird dieser schon aus Kostengründen sich so nahe wie möglich an die Grenzwerte der Vorschriften halten – so wie ein Autofahrer sich so nahe wie möglich an die zulässige Geschwindigkeit hält, ohne dass er deswegen ein schlechterer Autofahrer ist als einer, der bei erlaubten 50 km/h nie mehr als 30 km/h fährt. Bei den heute üblichen Schaltschränken in IP 64 sollte die maximale Verlustwärme abgeklärt werden, um die Wärme im Schrankinneren nicht auf unzulässige Werte steigen zu lassen.

Immer wieder taucht die Frage nach dem

maximalen Einschaltstrom (Einschaltrush) auf. Die Vorschrift legt diesen nicht fest (ausser bei Medizintrafos) und verlangt lediglich eine Absicherung, die diesen Stromstoss aushält. Verschiedene Schaltgerätehersteller bieten spezielle Motorschutzschalter zur Transformatorenabsicherung an und geben einen maximalen Rush von $20 \times I$ Nenn an. Im Allgemeinen legt man die Transformatoren für ca. $12 - 14 \times I$ Nenn aus.

ABSICHERUNG

Wenn der Besteller nicht ausdrücklich Trafos mit angebauten Sicherungen ordert, dann obliegt die Absicherung dem Betreiber. Die angegebenen Ströme im Ein- und Ausgang erlauben eine zweckmässige Dimensionierung von Schmelzsicherungen oder Automaten. Bei Transformatoren mit einer Eingangs- und Ausgangsspannung schützt eine Absicherung im Eingang am besten. Bei mehreren Ausgangsspannungen muss jeder Ausgang einzeln abgesichert werden, weil ja ohne weiteres der eine Ausgang unbelastet, der andere aber überlastet werden kann, ohne dass der Eingangsstrom unzulässig überschritten wird.

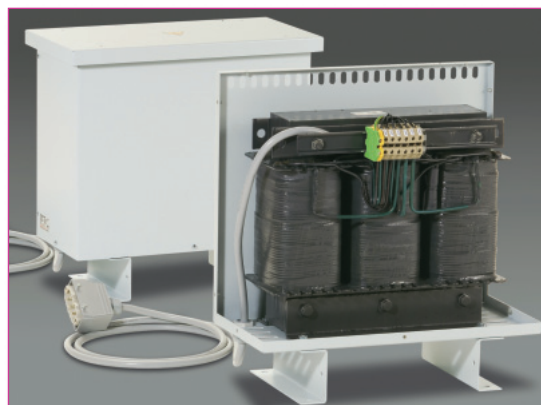
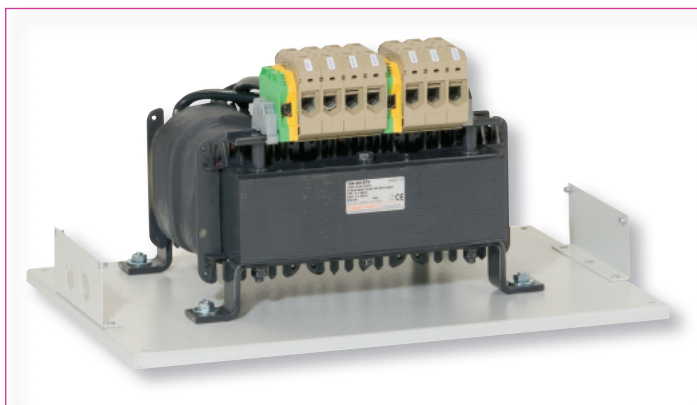
TRANSFORMATORENART

Häufig werden Trenntransformatoren angefragt oder bestellt, wobei der Verbraucher solche mit getrennten Wicklungen meint. Für den Hersteller aber ist dies ein solcher mit erhöhten Sicherheitsforderungen, der naturgemäss teurer als ein normaler Trafos ist. Der Anwender muss wissen, oder mit seinem Lieferanten festlegen, nach welcher Vorschrift Transformatoren in seinen Geräten eingesetzt werden müssen, um die Forderungen der Vorschrift seines Gerätes zu erfüllen.

ANPASSTRANSFORMATOREN

Für die Hersteller von Maschinen, die in die unterschiedlichsten Länder liefern, ist es aus Kostengründen sinnvoll, die Einrichtung generell für die Normspannung von 400 bzw. 230 V zu bauen und die jeweilige Eingangsspannung über die verschiedenen Abgriffe eines Ein- oder Dreiphasentransformator mit einem Ausgang von 400V an die Einrichtung zu führen. Hier können aus Kostengründen bei Dreiphasiger Anwendung Auto- oder Spartransformatoren verwendet werden, wenn eine gleichmässige Belastung aller drei Phasen garantiert ist.

Grosse Gefahr besteht dann, wenn die Eingangsspannung höher als die Ausgangsspannung ist, weil beim Ausfall einer Phase im Netz über den Sternpunkt eine erhebliche Spannungserhöhung erfolgt, die Frequenzumformer oder andere Geräte blitzartig zerstört.



STEUERTRANSFORMATOREN

In der Vorschrift EN 60204 - 1: 2006 sind wieder für die Bereitstellung von Steuerungsspannungen in Maschinensteuerungen Steuertransformatoren nach EN 61558 - 2-2 zwingend vorgeschrieben.

Hierbei können Abgriffe vorzugsweise in der Eingangswicklung mit $\pm 5\%$ vorhanden sein. Diese Abgriffe sollen den Spannungsfall (früher Spannungsabfall) zwischen dem Transformator und dem Verbraucher beeinflussen. Fälschlicherweise sind viele Anwender der Meinung, dass hier Unter- oder Überspannungen des Netzes ausgeglichen werden können.

Im einen oder anderen Fall sind hier Probleme aufgetreten, weil die Spannung eines Netzes nicht 24 Stunden konstant ist und auch von den EVUs nicht garantiert wird.

Wenn also ein Transformator an dem Wicklungsanfang und dem $\pm 5\%$ Abgriff gespeist wird, so kann sich die Ausgangsspannung bei dem zulässigen Wert der Eingangsspannung von z. B. 242 Volt dann um 11 Prozent erhöhen. Dazu kommt noch der Unterschied zwischen Last- und Leerlaufspannung, so dass ohne weiteres die Ausgangsspannung um 25 Prozent über dem Nennwert liegen kann.

Im konkreten Fall war in einer Holzbearbeitungsmaschine ein Steuertrafo von 400 VA eingesetzt, den die Maschinenfabrik grundsätzlich mit dem Minusabgriff gespeist hat. Die Abdeckung des Sägeblattes war durch einen Magneten gesichert, um bei laufender Maschine die Unfallgefahr zu minimieren. Da viele Betreiber den Hauptschalter, hinter dem der Trafo mit dem Magnet angeschlossen war, nicht ausgeschaltet haben, hat die Addition von natürlicher Überspannung im Netz und zulässigen Leerlaufspannung des Trafos bei einer Last von lediglich 10 Watt eine am Magnet anliegende Spannung von fast 280 Volt zur Zerstörung geführt. Die englische Herstellerfirma des Magneten hat sich auf die Betriebsanleitung berufen, in der üblicherweise eine maximale Überspannung von 6 Prozent zur Betriebsspannung, also 242 Volt, angegeben war, und die Garantie verweigert, was zu einer weltweiten und teu-

eren Rückrufaktion führte.

Auch wurde in der Vorschrift für Steuertransformatoren verlangt, dass bei einer Kurzzeitlast von drei bis viermaliger Nennlast mit $\cos \phi$ von 0,5 die Ausgangsspannung sich höchstens um zehn Prozent vom Nennwert verringert, um Flattern beim gleichzeitigen Anzug von mehreren Schützen zu verhindern. Daneben war die doppelte Prüfspannung mit einem zusätzlichen Symbol für Steuertrafos gefordert. Es kam vor, dass eine TÜV Abnahme durch das fehlende Symbol die Inbetriebnahme verhinderte.

Durch die Änderung der nationalen in EN Vorschriften gilt jetzt für Steuertransformatoren die Vorschrift EN 61558 - 2 - 2 für die EU. Die Mussforderung der \pm Abgriffe ist in eine Kann-Anwendung geändert worden, ausserdem dürfen die Plus- und Minustoleranzangaben nicht mehr verwendet werden, also statt $0 / -5\% / 400 / +5\%$ müssen die Anschlussklemmen mit 380/400/420 bezeichnet sein.

NETZGERÄTE ZUR ERZEUGUNG VON GLEICHSPANNUNGEN FÜR STEUERUNGEN

Immer mehr werden in Schaltanlagen Gleichspannungen eingesetzt, weshalb die Netzgeräte steigende Bedeutung erlangen. Aus diesem Grund werden auch diese Geräte nachfolgend kurz behandelt.

Die in Steuerungen für SPS und andere Geräte benötigte Gleichspannung von fast immer 24 Volt ist hinsichtlich Maximal- und Minimalwerten sowie deren Restwelligkeit ebenfalls genormt. Somit ist der Einsatz der verschiedenen zur Verfügung stehenden Geräte dem Anwender unter Berücksichtigung der Anforderungen und des Preises überlassen. Wir unterscheiden technisch zwischen zwei Gerätetypen, nämlich Ein- und Dreiphasengeräte mit Netztransformatoren, Brückengleichrichtern und teilweise Kondensatoren zur Siebung und so genannte getaktete Geräte in ein- und dreiphasiger Ausführung.

KONVENTIONELLE GERÄTE

Bei den Geräten mit Netztransformatoren und in jedem Fall Brückengleichrichtern

wird in der einphasigen Ausführung mittels Kondensatoren die geforderte Restwelligkeit bei Vollast erreicht, während in der dreiphasigen Ausführung physikalisch bedingt eine Restwelligkeit von 4,2 Prozent (also weniger als die geforderten 5%) ohne Kondensatoren vorhanden ist. Beide Sorten können über das Netz kommende Störungen durch den Trenntransformator sehr gut abfangen, der eine optimale Sicherheit zur 100-prozentigen Netztrennung bietet. Eine kurzzeitige Überlastung, die bei vielen Steuerungen auftritt, ist problemlos möglich.

Die preisgünstigste Lösung für Ströme bis etwa 18 A dürften Einphasengeräte sein, weil diese über den Transformator auch für die verschiedensten Eingangsspannungen hergestellt werden können und weil eine Versicherung nicht benötigt wird, da bei unseren Geräten diese durch die eingebaute Sicherung entfällt. Kurzzeitige Netzausfälle werden durch die Siebkondensatoren abgefangen. Bei dreiphasigen Geräten, die für Ströme auch mehr als 100 A herstellbar sind, gelten die gleichen Punkte mit Ausnahme, dass für kurzzeitige Netzausfälle Stützkondensatoren erforderlich sind.

GETAKTETE GERÄTE

Vorteil dieser Typen sind eine konstante Ausgangsspannung bei Netz- und Lastschwankungen sowie Kurzschlussfestigkeit neben einer sehr geringen Restwelligkeit, die fast einer Batteriespannung entspricht. Geringes Gewicht und Aufschnappbarkeit sind die Regel.

Verschiedene Anwender, die von konventionellen auf getaktete Geräte gewechselt haben, hatten Probleme, weil kurzzeitige Überlastungen natürlich bei diesen Geräten nicht möglich sind. Diese schalten bei Überschreiten des Nennstroms schlagartig ab, ebenso bei Netzausfällen einer Halbwelle. ■

307 ► CARL GEISSER AG

Industriestrasse 7, 8117 Fällanden
Tel. 044 806 65 00, Fax 044 806 65 01

www.carlgeisser.ch, info@carlgeisser.ch