

EMV im Schaltschrank

Vojtech Kopecky

Der Beitrag befasst sich mit einem ausgewählten Aspekt der EMV – dem Schaltschrank. Allein in diesem Bereich lassen sich eine Menge Fehler vermeiden.

Bereits im letzten Jahr veröffentlichte der Autor das Thema EMV betreffende Beiträge, z. B.

- »Nur ein Fundamenterder?« in »de« 13-14/2005, S. 45ff.,
- »EMV-taugliche Elektroinstallation (1) – Planung, Blitzschutzkonzepte und Potentialausgleichsmaßnahmen« in »de« 19/2005, S. 46 ff., oder
- »EMV-taugliche Elektroinstallation (2) – Netzsysteme und Schutzmaßnahmen« in »de« 20/2005, S. 48 ff.

Die Ausführung einzelner Maßnahmen, die in den Beiträgen Erwähnung fanden, gewährleistet noch keine EMV.

Gesetze verpflichten

Nur mit dem Komplex aller zur Verfügung stehender Maßnahmen lässt sich das Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) vom 18. September 1998 [1] wirklich erfüllen.

Elektromagnetische Verträglichkeit ist nach EMVG, §2, Abschnitt 9, die Fähigkeit eines Geräts, in der elektromagnetischen Umwelt zufrieden stellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für andere in dieser Umwelt vorhandenen Geräte unannehmbar wären.

Der Abschnitt 9 verwendet zwar nur der Begriff »Gerät«, aber in Abschnitt 3 wird erklärt, dass unter Geräten alle elektrischen und elektronischen Apparate, Systeme, Anlagen und Netze zu verstehen sind, die elektrische oder elektronische Bauteile enthalten.

Einspeisung als TN-S-System

Jeder Schalt- und Rangierschrank oder sonstige Elektroverteiler (im Weiteren nur Verteiler genannt), der sich in bau-

Vojtech Kopecky, Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für EMV und Blitzschutzsysteme, Aachen

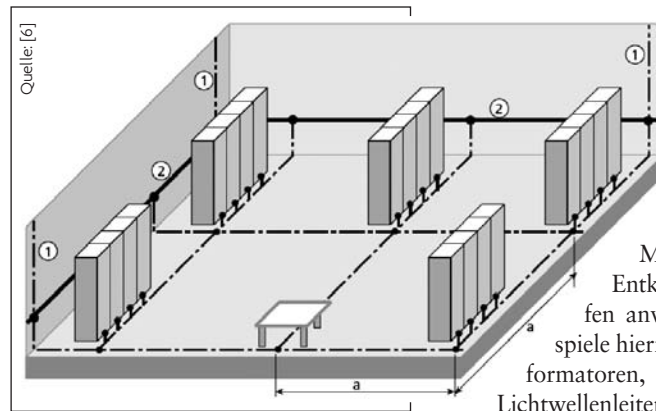


Bild 1: Die Potentialausgleichsanschlüsse der Schaltschränke, wie hier z. B. in einem EDV-Raum, sollen direkt unterhalb des Schaltschranks mit dem Potentialausgleichsnetzwerk verbunden werden. Dies gewährleistet minimale Anschlusslängen

lichen Anlagen mit Elektronikanteil befindet, muss mit dem EMV-freundlichen TN-S-System eingespeist werden. Seit 2001 dürfen Errichter in diesen baulichen Anlage keinen PEN-Leiter installieren [2, 3]. Im Klartext bedeutet das: Keinen PEN-Leiter zulassen, sobald im Verteiler oder in der baulichen Anlage elektronische Komponenten folgender Art vorkommen, z. B.:

- etwaige Steuerungen (SPS, Bussysteme oder gebäudetechnische Steuer- und Regeleinrichtungen),
- PCs und sonstige EDV-Geräte,
- Komponenten der Telekommunikation usw.

In diesen Fällen muss die Einspeisung als TN-S-System, also fünfadrig, ausgeführt werden.

Für den in der Praxis häufig vorkommenden Fall, dass ein Verteiler aus

einem bestimmten Grund noch an vorhandene vieradrige Versorgungskabel angeschlossen wird, muss der

Errichter weitere Maßnahmen für die

Entkopplung der Schleifen anwenden [3, 4].

Beispiele hierfür sind Trenntransformatoren, Optokoppler und

Lichtwellenleiter. Diese Bauteile dienen der Vermeidung möglicher Schleifen oder erdungssymmetrischer Signale.

Alternativ stellt die Benutzung von Geräten der Schutzklasse II ebenfalls eine Lösung dar.

Das Anschließen eines Verteilers an ein so genanntes Dreieinhalb-Leiterkabel – d. h. drei Außenleiter plus ein reduzierter PEN-Leiter – ist heute nicht mehr zulässig. Der PEN-Leiter kombiniert die Funktion eines Schutzleiters (PE) und eines Neutralleiters (N) in einem einzelnen Leiter. Der Abschnitt 6.4.4.1 von [2] weist darauf hin, dass es notwendig ist, »... einen angemessenen Querschnitt des Neutralleiters zu wählen, der mindestens mit demjenigen des Außenleiters übereinstimmt, um den Auswirkungen einer ungleichmäßigen Lastverteilung und der dritten Oberschwingung entgegenzuwirken«.

Hinsichtlich fünfadrigem Schaltschrankanschlussarten gilt es zu beachten, dass einige Schaltschrankhersteller häufig auch eine Brücke zwischen PE- und N-Sammelschienen einbauen. Diese darf jedoch beim TN-S-System nicht vorkommen. Dies lässt sich in mehreren

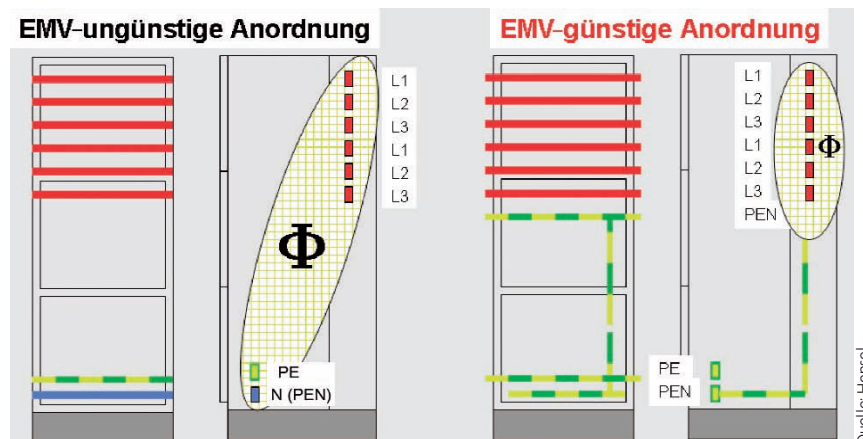


Bild 2: Bei EMV-günstiger Anordnung entstehen deutlich kleinere magnetische Felder

Normen nachlesen, z.B. in [5], Abschnitt 8.2.3: Nach der Aufteilung des PEN-Leiters in N- und PE-Leiter dürfen beide nicht mehr miteinander verbunden werden. Derartige Brücken müssen die Installationsfirmen also entfernen.

Der N-Leiter darf nach der Aufteilung weder mit dem Potentialausgleich noch mit der Erdungsanlage verbunden werden.

Zentraler Erdungspunkt

Viele Beiträge in der Zeitschrift »de« befassten sich bereits mit dem zentralen Erdungspunkt (ZEP). Das Prinzip des ZEP besteht im TN-System mit Mehrfacheinspeisung einer baulichen Anlage darin, dass der PEN-Leiter aus EMV-Gründen nur zentral an einer Stelle mit Erde verbunden wird. Die Erdung erfolgt auf einer isolierten PEN-Sammelschiene im Elektrohauptverteiler – d.h. nicht an den Transformatoren. Eine isolierte PEN-Sammelschiene ist notwendig, weil die einzelnen abgehen-

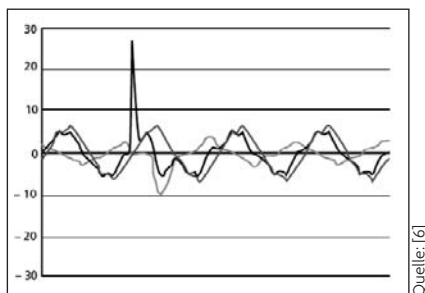


Bild 3: Registrierte Stromabnahme mit Verschiebung des Phasenwinkels. Die verzerrten Sinuskurven der zwei überlappten Phasen addieren sich zum Strom auf dem N-Leiter

den N-Leiter an der PEN-Sammelschiene angeschlossen sind.

Ein alternatives Monitoringsystem mit RCMS (Differenzstrommessung) kann die Brücke zwischen den PEN und der PE-Sammelschiene überwachen.

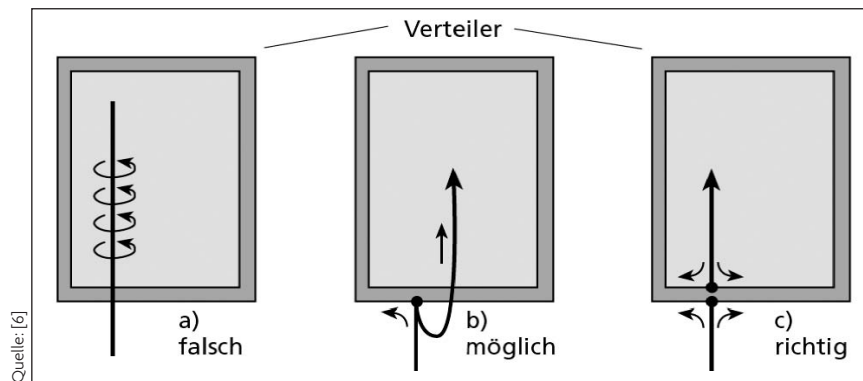
Die einzelnen Schaltschränke müssen mit vierpoligen Schaltern ausgestattet werden. Bei einer Ausführung mit dreipoligen Schaltern fließen die Ausgleichsströme über PEN-Leiter sowie -Sammel-

schiene und verursachen somit magnetische Felder.

Im Zusammenhang mit dem ZEP soll nicht unerwähnt bleiben, dass bei großen baulichen Anlagen mit Mehrfacheinspeisungen an unterschiedlichen Stellen die Ausgleichsströme über alle möglichen leitfähigen Wege fließen können. Die Ursache dafür findet sich beispielsweise im örtlichen Potentialausgleich innerhalb der Transformatorzelle, wo z.B. auch die Zargen der Transformatorzelle angeschlossen werden. Diese Zargen sind wiederum z.B. mit einer Blechfassade verbunden. Im Ergebnis dessen fließen dann die Ausgleichsströme über die Blechfassade oder das Blitzschutzsystem. »de« berichtete bereits über diese Probleme und die dadurch entstehenden Schäden.

Potentialausgleich

Ein Verteiler muss auch in das Potentialausgleichsnetzwerk einbezogen werden. Gerade beim Potentialausgleichsanschluss findet man oft grobe Fehler,



Quelle: [6]

Bild 4: Die eingeführte Potentialausgleichsleitung (Erdungsleitung) durch eine Schirmwand ist nur nach c) richtig

z. B. ein lang ausgedehnter sternförmiger Anschluss mit weit entfernter Potentialausgleichsschiene.

Nur wenn innerhalb des betreffenden Verteilers keine EMV-empfindliche Einrichtung installiert ist, darf man heute noch auf diese Weise einen Potentialausgleichsanschluss ausführen. Befindet sich jedoch im Schaltschrank eine EMV-empfindliche Einrichtung, z. B. eine elektronische Steuerung, so gilt für die Installation die Normenreihe DIN VDE 0800. Das bedeutet, dass die Längen der Potentialausgleichsanschlüsse der einzelnen Elektroverteiler, Schränke und Geräte nicht länger als 50 cm betragen dürfen. Da sich diese 50 cm nicht immer realisieren lassen, kann man in diesem Fall zwei parallele Leiter mit einer Länge von 1 m installieren, allerdings in einem Abstand von mehr als 50 cm zueinander. Anderenfalls könnte eine gegenseitige Induktanz zwischen beiden Leitern entstehen. Die Potentialausgleichsanschlüsse sollten an einem Verzweigungspunkt durchgeführt werden. Ein Beispiel eines Potentialausgleichsnetzwerks zeigt Bild 1.

Alle Potentialausgleichsanschlüsse müssen an geeigneten Klemmen oder auf einer sauberen Metallfläche ausgeführt und durch Scheiben gegen Selbstlockerung abgesichert sein. Die Verbindungen mit anderen Einrichtungen sollten großflächig und nicht nur mit einer einzelnen Verbindung durchgeführt werden. Dies gilt z. B. für Kabelkanäle oder die einzelnen Teile von Maschinen.

Sammelschienensysteme

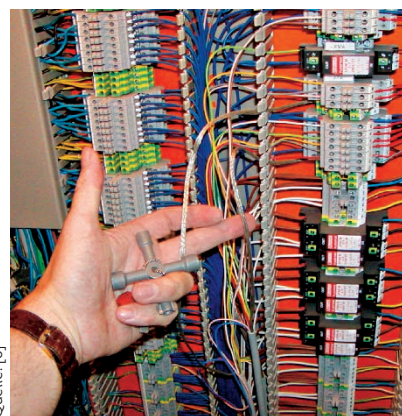
Manche Schaltschrankhersteller platzieren die N-Sammelschiene heute bereits im oberen Bereich, was die magnetischen Felder zwischen den Außenleitersammelschienen und der N-Sammelschiene deutlich verkleinert (Bild 2).

Die PE-Sammelschiene befindet sich oft noch weiterhin auf der unteren Seite. Im normalen Betrieb stört das nicht, aber im Falle des Ansprechens von im Schaltschrank installierten Blitzstrom- oder Überspannungsableitern entstehen starke magnetische Felder. Diese stören dann empfindlichen elektronischen Einrichtungen im Schaltschrank, was bis zur Zerstörung führen kann.

Die beste Lösung ist es, alle Sammelschienen räumlich an einer Stelle anzuordnen, um damit auch im Störfall die magnetischen Felder klein zu halten.

N-Leiter-Sammelschiene

Die N-Leiter-Sammelschienen findet man oft in Schaltschränken mit einem reduzierten Querschnitt. Die Zeiten, in denen im N-Leiter keine oder nur minimale Ströme flossen, gehören beim heutigen Technikstand der Vergangenheit an. Ursache sind allerdings nicht nur die unterschiedlichen Belastungen der Außenleiter, sondern zunehmend die Wechselstromverbraucher mit unterschiedlichen Phasenwinkeln und die eingesetzte Elektronik. Die in Wechsel-



Quelle: [6]

Bild 5: Am Verteilereintritt können die nicht geerdeten Kabelschirme im Störfall Kopplungen in den benachbarten Installationen verursachen

stromverbrauchern enthaltene Elektronik verursacht Netzzrückwirkungen.

Zur Verdeutlichung einer möglichen Belastung der N-Leiter-Sammelschiene stellt Bild 3 eine registrierte Stromerhöhung in dem Moment dar, in dem sich zwei Stromsinuskurven überlappen und die dritte Stromsinuskurve nur um ca. 90°, also nicht um 120°, »entfernt« ist. Im Ergebnis heben sich die Phasenströme auch bei symmetrischer Lastverteilung nicht auf, sondern addieren sich auf dem N-Leiter.

Verfügt der N-Leiter über einen kleineren Querschnitt als die Außenleiter hat, kann es zur thermischen Überlastung des N-Leiters kommen.

Jede Elektrofachkraft weiß, dass der N-Leiter alternativ einen kleineren Querschnitt haben darf. Dass dies jedoch nur bei bestimmten Voraussetzungen gilt, ist allzu oft nicht bekannt.

Die Norm [8], Abschnitt 524.3, legt fest, dass bei mehrphasigen Wechselstromkreisen, in denen der Außenleiterquerschnitt mehr als 16 mm² für Cu und 25 mm² für Al beträgt, der Neutralleiter einen kleineren Querschnitt darf als die Außenleiter. Allerdings nur dann, wenn der zu erwartende maximale Strom einschließlich der Oberschwingungen im N-Leiter während des ungestörten Betriebes nicht größer ist, als die Strombelastbarkeit des verringerten N-Leiterquerschnitts.

Auch weitere Normen, z. B. die EN 60 439-1, Abs. 7.1.3.4, schreiben diese Maßnahme vor.

Prinzip des Faradaykäfigs

Ein Metallschaltschrank wirkt prinzipiell als ein Faradaykäfig, aber eben einer mit mehreren Löchern. Als Löcher dieses Systems gelten alle eintretenden Kabel, die in diesen Verteiler eindringen und damit auch die störende Energie.

Aus EMV-Sicht müssen die Türen von Metallschaltschränken abgeschlossen werden, auch wenn sie keine eingebauten Einrichtungen haben. Bei Potentialausgleichsverbindungen sollen die Bänder eines Länge-Breite-Verhältnis von 5:1 benutzt werden. In der Praxis findet man häufig zu lange vorgefertigte Kabel nicht ausreichenden Querschnitts.

EMV- und Blitzschutzsystem

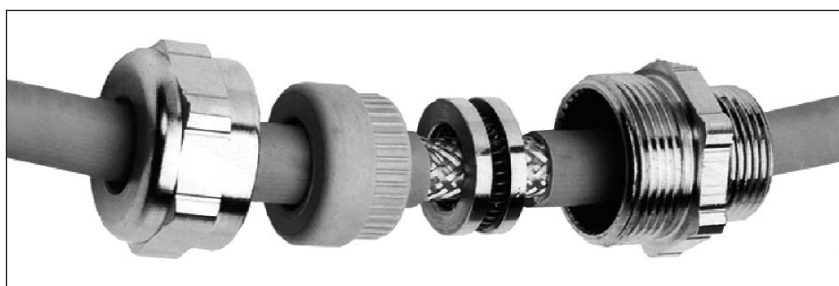
Kabeleintritte in eine bauliche Anlage verbindet man mit dem Blitzschutzpotentialausgleich bei Eintritt in die bauliche Anlage. Dies gilt als Blitzschutzzone

(LPZ 0/1). Der Blitzschutzpotentialausgleich ist in der Nähe der Außenwand/ Eintrittsstelle installiert. Das Gleiche gilt bei einer weiteren LPZ der baulichen Anlage, z.B. einem EDV-Raum. Dies zählt dann schon als LPZ 1/2. Auch hier installiert man weitere Überspannungsableiter bei Eintritt in diese LPZ und verbindet die metallischen Einrichtungen werden mit dem Potentialausgleich der LPZ.

Den Kabeleintritt in einen Verteiler muss man im Grunde als eine weitere LPZ (LPZ 2/3) ansehen. Wenn wir Anwender erlauben, dass Störströme in den Verteiler eindringen, so lassen wir Probleme mit induktiven und kapazitiven Kopplungen zu. Außerdem wirken die entstehenden Schleifen im Verteiler als Sender oder Empfangsantennen – die Installationen können sich gegenseitig stören oder sogar zerstören.

Verteilereintrittsstelle als EMV-Zone (LPZ)

Alle in einen Verteiler eintretenden Kabel und Leitungen sollen von einer



Quelle: Pflictsch

Bild 6: EMV-dichte Kabelverschraubung

Seite eingeführt werden. Die Praxis bestätigt große Schäden besonders an Verteilern, bei denen die Kabel und Leitungen von unterschiedlichen Seiten eindringen. Dies hauptsächlich dann, wenn z.B. sich der Potentialausgleichsanschluss an der gegenüber liegenden Seite der Kabel und Leitungen befindet. In einem solchen Fall fließen Störungs- oder Kurzschlussenergien durch den Verteiler und verursachen starke Kopplungen. Der Potentialausgleichsanschluss soll bei Verteilereintritt angeschlossen werden (Bild 4).

Kabelschirmanschlüsse sind oft falsch in den Verteilern angeschlossen.

Jede Schirmanschlussüberlänge kann aufgrund hoher Frequenzen zur Störungsquelle werden. Der beste Schirmanschluss wird bei einem Metallschrank-Verteiler mittels einer EMV-Kabelverschraubung durchgeführt. Dies lässt sich allerdings nicht immer realisieren. Die Schirme muss man dann direkt bei Schrank- oder Verteilereintritt mittels Schirmanschlussklemmen erden. Ist der Schirm nicht am Zonenübergang geerdet und wird in den Schrank weitergeführt, so wird er zum »Störungssender« und verursacht ggf. Kopplungen in den benachbarten Installationen (Bild 5).

Als wichtigste Maßnahme bei Kabelschirmen muss man aber die beidseitige Erdung der Schirme ansehen. Einseitig geerdete Schirme schützen gegen kapazitive, beidseitig geerdete Schirme schützen gegen induktive Kopplungen. Eine einseitige Erdung schützt nur bei kleiner Spannung und niedrigen Frequenzen. Im Falle eines Blitzschlags oder anderer Störungen entstehen jedoch hohe Frequenzen und Spannungen. Dies bestätigt auch die Norm [3], Abschnitt 5.5: »Kabelschirme müssen mindestens an beiden Enden mit Gestellen, Schränken oder, falls erforderlich, mit der zugeordneten Systembezugsebene (SRPP) leitend verbunden werden. Rundumkontaktierungen (d.h. 360°) sind am wirksamsten ...«. Nach [2], Abschnitt 6.3.2, Überlegung 3, sollte der Schirmungskontakt dem Prinzip des Faradayschen Käfigs folgen, also eine Rundumkontaktierung von 360° der Schirmoberfläche (Bilder 6 und 7). Zu Kabelschirmen heißt es in [2], Abschnitt 6.3.2, Überlegung 4: »... Ein Schirmkontakt, der lediglich durch den Beilaufdraht hergestellt wird, hat bei hohen Frequenzen kaum eine Wirkung.« Die häufig benutzten TK-Kabeltypen J-Y(ST)Y-Bd (Kabel mit Kunststoffkaschierter Al-Folie und Beilaufdraht) verfügen über eine minimale Dämpfung und sind EMV-ungeeignet.

Gerade diese Kabelarten finden wir in Rangierschränken der Telekommunikationstechnik. Am Rangierschrankeintritt ist das Kabel abisoliert und der Beilaufdraht wird bis zur roten Erdungs-LSA-Plus-Leiste geführt. Diese befindet sich aber oft am gegenüberliegenden Ende der Kabeleintrittsstelle. Auftretende Störungsströme über die Beilaufdrähte verursachen dann Kopplungen in die so nicht mehr geschirmten Kabel.

Zu guter Letzt darf die Verkabelung im Schrank keine Schleifen bilden und sollte in der Nähe der Potentialausgleichs installiert werden.

Anschlüsse räumlich trennen

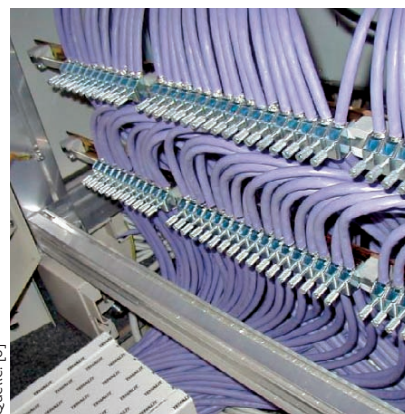
In jedem Verteiler müssen alle Adern angeschlossen werden, auch die nicht benutzten (Reserveadern). An dieser Stelle müsste man auf Überspannungsschutzmaßnahmen in Verteilern eingehen.

Hierzu wird aber demnächst ein separater Beitrag in »de« erscheinen. Aus EMV-Sicht müssen die Reserveadern geerdet werden, wenn sie nicht gegen Überspannung geschützt sind

(siehe Praxisprobleme in »de« 6/2006, S. 16).

Die praktischen Erfahrungen zeigen, dass die Doppeladern innerhalb von Rangierkanälen häufig nicht fachgerecht verlegt sind. Sie tragen somit zu einer Erhöhung der Querspannung bei und verursachen eine Signalbeeinträchtigung. Abschnitt 5.9 der Norm [4] sagt aus, dass ein Signal möglichst wenig beeinträchtigt werden darf, d.h. die Verdrehung der Adernpaare bis zur Anschlussstelle muss ohne Veränderung beibehalten werden.

Die Adernanschlüsse sollen mit den Kabelschirmen keine große Schleife (Fläche) bilden, da ansonsten die große Fläche als Störungsantenne wirkt.



Quelle: [6]

Bild 7: Kabelschirmklemmen am Verteilereintritt

Innerhalb des Verteilers ist auch auf die räumliche Trennung der Installationen zu achten: Hohe Leistungen sind von kleinen Leistungen sowie der Elektronik zu trennen. Das lässt sich mit Abstands- oder Trennungsmaterial durchführen.

Frequenzumrichter

Der Schaltschrank wirkt als Faradaykäfig, aber Frequenzumrichter befinden sich überwiegend in Schaltschränken, häufig auch in der Nähe von fremden, Steuerungen. Man baut also mitten in einen gut abgeschirmten Verteiler eine starke Störungsquelle ein. Die Energieversorgung des Frequenzumrichters ist das kleinere Problem, das größere ist die Motorleitung. Aus EMV-Sicht ist es besser, die Frequenzumrichter direkt am Motor und nicht im Schaltschrank einzubauen.

Befindet sich der Frequenzumrichter nun aber im Schaltschrank, muss man zumindest die benachbarten Schaltschrankfelder zu empfindlichen Einrich-

tungen mit Schirmungswänden schützen.

Alle Motor- und Steuerungskabel müssen geschirmt und beidseitig geerdet werden. Die Abstände zwischen den Motor-, Steuer- und anderen Leitungen betragen mindestens 20 cm.

Natürlich gilt auch hier, dass stets die Einbauhinweise der Hersteller zu beachten sind.

Fazit

Auf EMV-Maßnahmen von Schaltschränken, Verteilern, Rangierschränken usw. in einer Zeitschrift einzugehen bedeutet, sich nur auf die wichtigsten Punkte zu beschränken. Aber selbst wenn der Anwender nur die Aspekte dieses Beitrags realisiert, erreicht er eine deutlich höhere EMV der Verteiler und senkt das Risiko von Beschädigungen oder Störungen seiner Anlagen.

Literatur

- [1] Gesetz über die Elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) vom 18. 09. 1998 (2. Novellierung)
- [2] DIN EN 50174-2 (VDE 0800 Teil 174-2): 2001-09 Installation von Kommunikationsverkabelung; Teil 2: Installationsplanung und -praktiken in Gebäuden.
- [3] DIN EN 50310 (VDE 0800 Teil 2-310): 2001-09 Anwendung von Maßnahmen für Potentialausgleich und Erdung in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik
- [4] DIN VDE 0100-444 (VDE 0100 Teil 444): 1999-10 Elektrische Anlagen von Gebäuden Schutzmaßnahmen – Schutz bei Überspannungen – Schutz gegen elektromagnetische Störungen (EMI) in Anlagen von Gebäuden
- [5] DIN VDE 0100-540 (VDE 0100 Teil 540): 1991-11, Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V, Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter
- [6] Vojtech Kopecky; »EMV, Blitz- und Überspannungsschutz von A bis Z; Sicher planen, prüfen und Errichten« Hüthig & Pflaum Verlag: 2005
- [7] Vornorm DIN V VDE 0100-534 (VDE V 0100 Teil 534): 1999-4, Elektrische Anlagen von Gebäuden, Auswahl und Errichtung von Betriebsmitteln - Überspannungs-Schutzeinrichtungen
- [8] DIN VDE 0100-520 (VDE 0100 Teil 520): 2003-06; Errichten von Niederspannungsanlagen; Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel, Kapitel 52: Kabel- und Leitungsanlagen, (IEC 60364-5-52:1993, modifiziert). Deutsche Fassung HD 384.5.52 S1:1995 + A1:1998.

www.kopecky.de