Elektromagnetische Verträglichkeit

Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen

In vielen Bereichen ist es heute unerlässlich, dass elektrische und elektronische Geräte gegen Störungen aus dem Niederspannungs-Stromversorgungsnetz immun sind. Störungen aus dem Stromversorgungsnetz können elektronische Geräte, sofern keine Vorsorge getroffen wird, in undefinierbare Zustände versetzen oder sogar ganz zum Ausfall bringen.
Besonders im Bereich der Industrie kann dies zu schwerwiegenden Folgen führen. Motoren werden z. B. nicht mehr wie vorgesehen von einer eventuellen Steuerung ein- bzw. ausgeschaltet. Die Steuerung muss weiterhin in vielen Anwendungen einwandfrei ohne Unterbrechung arbeiten. Menschenleben dürfen dabei in keinem Fall gefährdet werden.

Im Bereich Haushalt oder auch Büro wird ein solches Szenario sicherlich nicht mit so schwerwiegenden Folgen auftreten. Hier ist es eher erforderlich, dass elektronische Geräte nicht sofort bei der kleinsten Störung ausfallen. Ein Verlust von Daten ist zwar ein kleineres Übel, kann aber unangenehme Folgen mit sich bringen, wenn sich beispielsweise Rollläden nicht mehr hochfahren lassen, weil die Antriebssteuerung ihre Konfiguration verloren hat.

Wir wollen uns in unserer Betrachtung der Qualität der Netzspannung widmen und wie man mit geeigneten EMV-Maßnahmen – an einem konkreten Schaltungsbeispiel beschrieben – Störungen vorbeugen kann.

sind dies für Störungen und wie werden diese verursacht?

Wie der Titel es sagt, betrachten wir in diesem Zusammenhang Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen. Eine genaue Definition dieser Begriffe findet sich in der Norm DIN EN 50160. Hier werden Angaben zu den Merkmalen der Spannung im öffentlichen Nieder-, Mittel- und Hochspannungsverteilnetz gemacht. Bild 1 zeigt dazu, wie die Merkmale definiert sind.

Unter normalen Betriebsbedingungen sollte die Änderung der Versorgungsspannung ±10 % nicht überschreiten.

Ein Gerät, welches im Büro, Haushalt usw. betrieben wird, ist üblicherweise für eine Nennspannung von 230 V bzw. 400 V ausgelegt. Diese Spannungsebene wird als Niederspannungsebene bezeichnet. Somit muss es mindestens in einem Spannungsbereich von 207 bis 253 V bzw. 360 bis 440 V betrieben werden können.

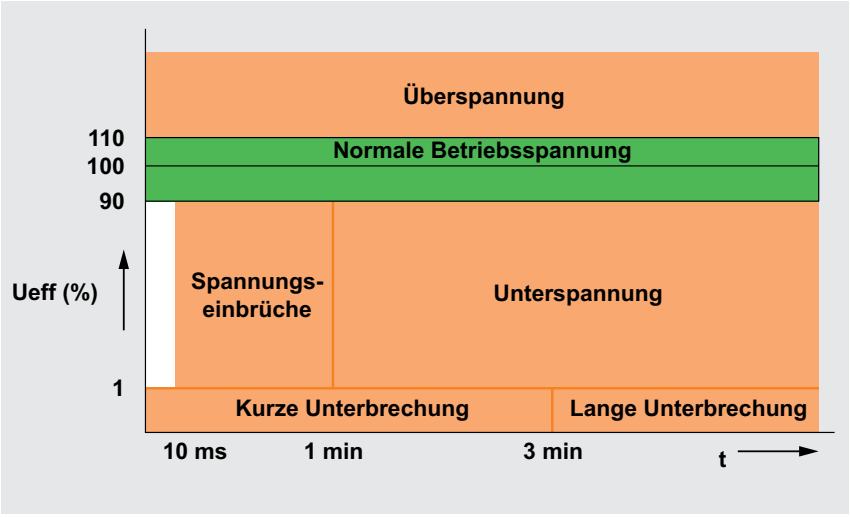

Bild 1: Merkmale Spannungseinbruch, Unterspannung und Unterbrechung

Stabile und „saubere“ Netzspannung?

Betrachten wir die Spannung „aus der Steckdose“, wird hier eine Störung aus dem Versorgungsnetz oft nur deutlich, wenn eine konventionelle Glühlampe flackert oder kurzzeitig dunkler wird. Bei modernen Leuchtmitteln wie Energiesparlampen und LED-Beleuchtung wird dieses Phänomen zunehmend weniger bemerkt. Die Elektronik in diesen Leuchtmitteln kann eine kurzzeitige Unterbrechung abfangen, so dass diese nicht mehr bemerkt wird.

Oft ist nur an der Beleuchtung zu erkennen, dass es eine Störung in der Versorgungsspannung gegeben hat. Kurzzeitige Störungen im Bereich von Millisekunden werden jedoch nicht immer bemerkt. Was

Überspannungen

Überspannungen, wie in Bild 1 dargestellt, treten meist nur kurzzeitig im Niederspannungsnetz auf. Verursacht wird dies oft durch Blitzeinschläge, die sich über das Netz verteilen können (indirekte Einschläge), oder auch durch das Auslösen von Sicherungen. Vorhandene Induktivitäten werden dann schlagartig abgeschaltet und verursachen damit nach dem Gesetz der Selbstinduktion eine hohe (Abschalt-)

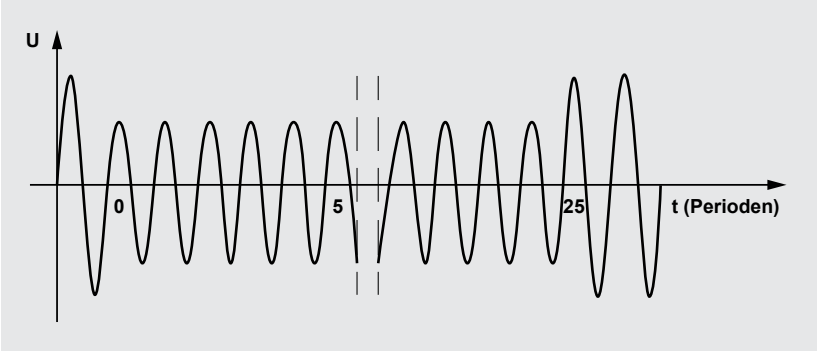

Bild 2: Spannungseinbruch als Funktion über die Zeit

Spannung. Diese Arten von Überspannungen werden auch als transiente Überspannungen bezeichnet. Die Zeitdauer, während der diese auftreten, beträgt nicht mehr als einige Millisekunden.

Da diese kurzzeitigen Überspannungen im Niederspannungsnetz nicht ungewöhnlich sind, müssen Geräte, die am Netz betrieben werden, dagegen geschützt werden. Meist ist am Eingang der Netzversorgung von elektronischen Geräten ein Schutz in Form eines Varistors (VDR) vorhanden. Das ist ein spannungsabhängiger Widerstand, der bei einer Spannungsüberhöhung kurzzeitig seinen Widerstand stark verringern kann und somit einen Kurzschluss für die Überspannung darstellt. Wirkung zeigt dieses Element bei energiereichen Impulsen, wie sie bei Blitzeinschlägen auftreten können. Bei sehr empfindlichen Geräten sind oft weitere Maßnahmen notwendig, sofern dies gefordert ist.

Unterspannungen

Der in Bild 1 aufgezeigte Spannungseinbruch hingegen beschreibt ein zeitweiliges Absinken des Effektivwertes der Spannung unter eine festgelegte Einbruchsschwelle. Bild 2 zeigt einen Spannungseinbruch als Funktion über die Zeit an einem Sinusverlauf einer Wechselspannung.

Die Ursache lässt sich wie folgt erklären: Jedes Energieversorgungsnetz besitzt eine bestimmte Impedanz. Mit Einschalten großer Lasten, die einen hohen Anlaufstrom benötigen, kommt es zu Spannungseinbrüchen. Als Beispiel seien hier wieder Elektromotoren genannt, die im Energieversorgungsnetz betrieben werden. An der Leitungsimpedanz fällt durch den hohen Anlaufstrom eine Spannung ab. Da die Leitungen nur für den normalen Betrieb ausgelegt sind, ist es nachvollziehbar, dass genau beim Einschalten bzw. „Hochlaufen" großer Lasten diese Spannungseinbrüche auftreten können.

Entgegenwirken kann man diesen mit erweiterten Kabelquerschnitten oder aber auch mit einer Veränderung der Topologie des Energieversorgungsnetzes: das heißt, große Verbraucher in der Nähe von Transformatoren an den Übergängen vom Mittelspannungsnetz zum Niederspannungsnetz zu betreiben bzw. Transformatoren in der Nähe großer Verbraucher anzubringen. Doch dies ist nicht immer möglich und meist mit hohen Kosten verbunden.

Eine einfache Lösung kann aber auch durch ein „sanftes Anlaufen" der großen Lasten herbeigeführt werden. Dies wird oft bei Elektromotoren oder beim Zuschalten größerer Transformatoren, Drosseln usw. durch verschiedene Maßnahmen, wie z. B. eine Anlaufstrombegrenzung, angewendet. Vollständig kann der Spannungseinbruch damit aber nicht aufgehoben werden.

Solche eben diskutierten Unterspannungen können fatale Folgen haben. Die Leistung, die benötigt wird, wird aus dem Netz „gezogen". Dies hat zur Folge, dass der Strom ansteigt. Ein höherer Strom in den Leitungen kann zur Instabilität des ganzen Netzes führen. Energieversorger beugen in diesem Fall mit einer vollständigen automatischen Abschaltung vor, was dann zu einer langen Unterbrechung führt.

Je nach Normendefinition dauern kurze Unterbrechungen von 10 Millisekunden bis maximal 3 Minuten. Im Bereich mehrerer Perioden einer Wechselspannung können sogenannte Steckernetzteile, die oft für Kleingeräte verwendet werden, dies überbrücken. Die Elektrolyt-Kondensatoren (Elkos), die für die Glättung in den heutigen Schaltnetzteilen vorgesehen sind, können diese Energie für einen gewissen Zeitraum speichern. Aber auch nur für einen kurzen Zeitraum. Das hängt hauptsächlich davon ab, wie das Netzteil zum Zeitpunkt der Unterbrechung belastet wird. Aus Kostengründen werden hier natürlich nur Elkos mit Kapazitätswerten eingesetzt, die maximal notwendig sind, um eine Funktion sicherzustellen, weshalb je nach Dimensionierung und Belastung eine Unterbrechung dennoch schnell zum Abschalten des angeschlossenen Gerätes führt.

Dass selbst kleinste Unterbrechungen zu größeren Problemen führen können, haben wir in den letzten Jahrzehnten zunehmend mit der Entwicklung von Computern erfahren. Besonders in diesem Bereich können unerklärliche Fehler durch Spannungsunterbrechungen auftauchen, die sich an der Oberfläche dann durch Programmausfälle, „Stehenbleiben" des Betriebssystems oder gar Datenverlust äußern. Entgegengewirkt wird hier, vornehmlich im professionellen Bereich, mit unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV) oder mit aufwändigeren Netzteilen der IT-Geräte, die eine Unterbrechung im Millisekundenbereich auffangen können.

Die Lösung: Störungen abfangen

Man hat aus diesen Umständen gelernt und bindende Standards entwickelt, wie diese Störungen abzufangen sind. Wie üblich, wurde dies in Normen festgehalten bzw. in Richtlinien vorgegeben. Beispielhaft kann man hier die Norm EN 55024 (Tabelle 1) betrachten.

Tabelle 1

Auszug Tabelle 4 der Norm EN 55024 – Störfestigkeit an Wechselstrom-Netzeingängen

	Umgebungs-Phänomen	Prüfstörgröße	Einheiten	Grundnorm	Bewertungskriterium
4.2	Spannungseinbrüche	> 95 0,5	% Reduktion Perioden	IEC 61000-4-11	B
		30 25	% Reduktion Perioden		C
4.3	Spannungsunterbrechungen	> 95 250	% Reduktion Perioden		C

Bild 3: Der HomeMatic Funk-Rollladenaktor HM-LC-Bl1PBU-FM

Diese ist maßgebend für die Störfestigkeit für Einrichtungen der Informationstechnik (ITE). In dieser Norm wird beschrieben, wie sich ein IT-Gerät verhalten darf, wenn es Unterbrechungen im Versorgungsnetz gibt. Das Bewertungskriterium in der letzten Spalte sagt dabei aus, wie das Gerät während und nach einer Prüfung mit den vorgegebenen Prüfstörgrößen arbeiten muss.

Bewertungskriterium B:
Der Prüfling muss nach der Prüfung weiterhin bestimmungsgemäß ohne Eingriff der Bedienperson arbeiten. Während der Prüfung ist jedoch eine Beeinträchtigung des Betriebsverhaltens erlaubt. Eine Änderung der eingestellten Betriebsarten oder ein Verlust von gespeicherten Daten nach der Prüfung ist nicht erlaubt.

Bewertungskriterium C:
Ein zeitweiliger Funktionsausfall ist während und nach der Prüfung erlaubt, wenn die Funktion von selbst wiederherstellbar ist oder durch Betätigung der Einstell-/Bedienelemente durch den Benutzer mit den Anweisungen des Herstellers wiederhergestellt werden kann.

Funktionen und/oder Informationen (Daten), die nicht in temporären Speichern gespeichert sind oder durch die Versorgung über eine Hintergrundbatterie geschützt werden, dürfen nicht verloren gehen.

Man erkennt, dass das Bewertungskriterium B einen relativ hohen technischen Anspruch stellt. Im Bereich der Industrie werden jedoch weitaus höhere Anforderungen an die Ausfallsicherheit gestellt, ebenso im Bereich der Hausautomation mit ihren meist mit Mikrocontrollern gesteuerten Komponenten.

Tabelle 2

Auszug Tabelle 105 der Norm EN 60669-2-1 – Prüfwerte für Spannungseinbrüche und kurze Unterbrechungen

Prüfniveau % UT	Spannungseinbrüche/ Unterbrechungen % UT	Dauer (Anzahl der Zyklen bei Nennfrequenz)
0	100	10
40	60	10
70	30	10

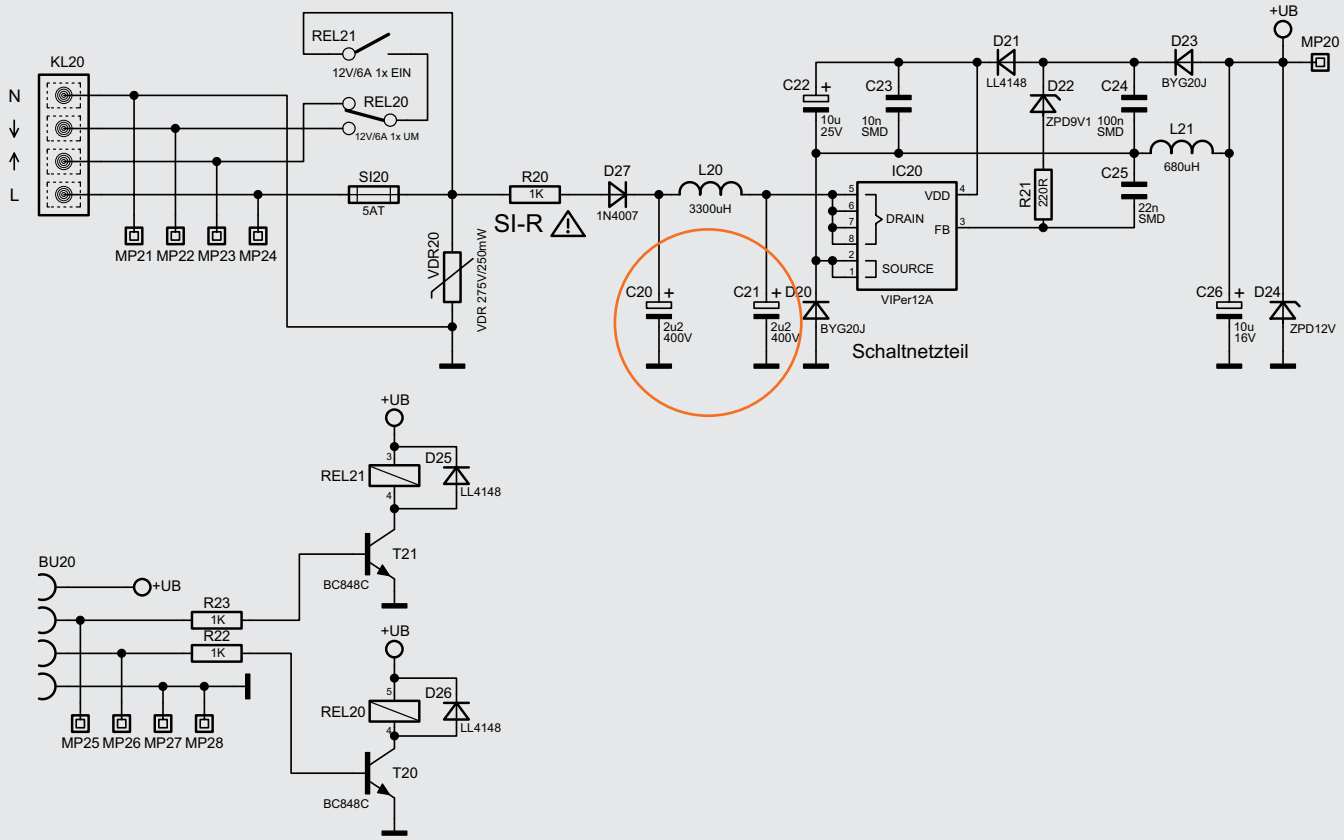

Bild 4: Die Schaltung der Last-/Netzteilplatine des HM-LC-Bl1PBU-FM

Das Beispiel Hausautomation

Betrachten wir solche Komponenten der Hausautomation, stellen wir fest, dass hier ganz besondere Anforderungen gelten. Als Beispiel wollen wir uns einmal den HomeMatic-Rollladenaktor des Typs HM-LC-Bl1PBU-FM (Bild 3) ansehen.

Dieses Gerät wurde unter anderem nach der Gerätesicherheitsnorm EN 60669-2-1 bewertet. Diese Norm gilt für elektronische Schalter (nur für Wechselstrombetrieb), zur Betätigung von Leuchtstromkreisen und zur Helligkeitssteuerung von Leuchten (Dimmer) sowie Schaltern zur Drehzahlsteuerung von Motoren und Schaltern für andere Zwecke.

Diese Norm fordert folgende Kriterien:

Während einer Prüfung darf sich der Schaltzustand des elektronischen Schalters ändern. Gelegentliches Flackern von Lampen oder unruhiger Lauf von Motoren während der Prüfung werden dabei vernachlässigt. Nach der Prüfung muss sich der elektronische Schalter im originalen Schaltzustand befinden und der Einstellwert darf sich nicht geändert haben.

Um normenkonform zu bleiben, müssen die Relais REL20 und REL21 (Bild 4), wenn sie durch den Bediener geschaltet wurden, gemäß der Tabelle 105 in der Normenschrift (siehe Tabelle 2) eingeschaltet bleiben. Während der Prüfung darf sich der Schaltzustand zwar ändern, die Steuerung der Relais muss aber nach der Spannungsunterbrechung die Relais wieder in den vorherigen Zustand versetzen. Hier müsste die Steuersoftware also ständig den Status der Relais ermitteln und in einem nicht flüchtigen Speicher zwischenspeichern. Dies wäre freilich eine Lösung, die mit hohem Aufwand verbunden wäre.

Einfacher ist es, das Netzteil für diesen Störungsfall auszulegen. Dabei ist eine Pufferung der Spannung für das Schaltnetzteil für einen Zeitraum von maximal 200 ms notwendig. In Betracht kommen hier, wie man in Bild 4 sieht, die beiden Elektrolyt-Kondensatoren C20 und C21. Bild 5 zeigt deren Lage auf der Platine.

Eine Prüfung mit einem dafür speziell vorgesehenen Prüfgenerator (Bild 6 zeigt die Prüfanordnung und das Prüfergebnis) zeigt, ob eine Vergrößerung der Elektrolyt-Kondensatoren C20 und C21 die gewünschte Wirkung hat. Wichtig ist hier, dass die Konstellation geprüft wird, in der beide Relais angezogen sind, da in diesem Zustand die größte Leistung aus dem Netzteil abgerufen wird. Eine Prüfung mit nur einem angezogenen Relais hätte keinen Sinn bzw. wäre nur eine unvollständige Prüfung. Sicher ist es unwahrscheinlich, dass in genau dem Moment, in dem der Rollladen herauf- bzw. herunterfährt, eine Spannungsunterbrechung auftritt. Um der anzuwendenden Norm zu entsprechen, ist es jedoch zwingend erforderlich, auch in diesem kurzen Zeitraum dem Kriterium gerecht zu werden.

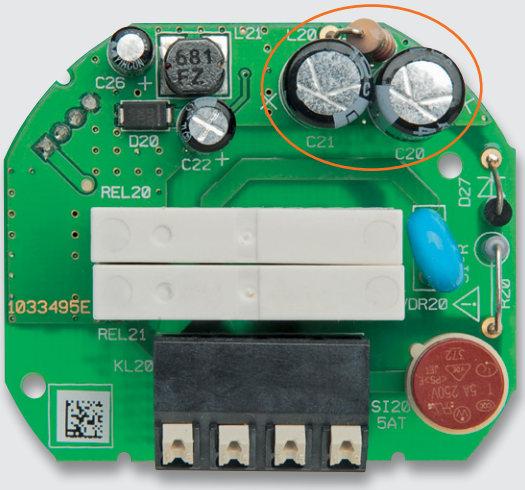

Bild 5: Die Last-/Netzteilplatine des Funk-Rollladenaktors, C20/C21 sind hier markiert.

Zu berücksichtigen ist auch die Toleranz der Kapazität der eingebauten Kondensatoren. Man sollte also nicht genau auf der Grenze der 200 ms liegen. Mit dem eingebauten Wert von 2,2 µF ist es möglich, einen Zeitraum von maximal 350 ms zu überbrücken. Mit einem kleineren Wert aus der Reihe ist die Einhaltung der genannten Norm nicht mehr möglich.

Dieser kleine Einblick in die Prüf- und Entwicklungspraxis zeigt freilich nur einen Ausschnitt dessen, was es bei der Dimensionierung von störsicheren Stromversorgungen zu beachten gilt, aber er ist signifikant für die Situation des Entwicklers, der sich ja immer in der Zwickmühle zwischen Konstruktion unter Einhaltung aller Vorschriften mit resultierender Funktionssicherheit und ökonomischen Anforderungen seines Lastenheftes befindet.

Bild 6: Der Funk-Rollladenschalter bei der Normprüfung