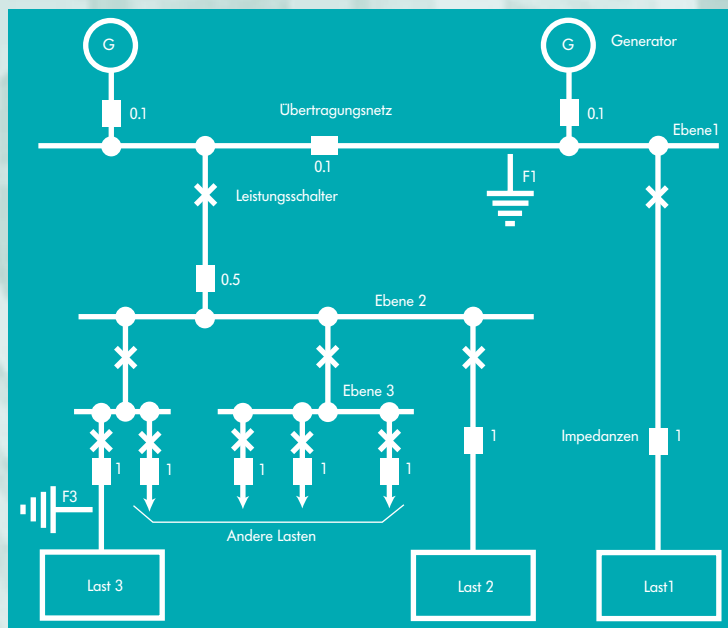
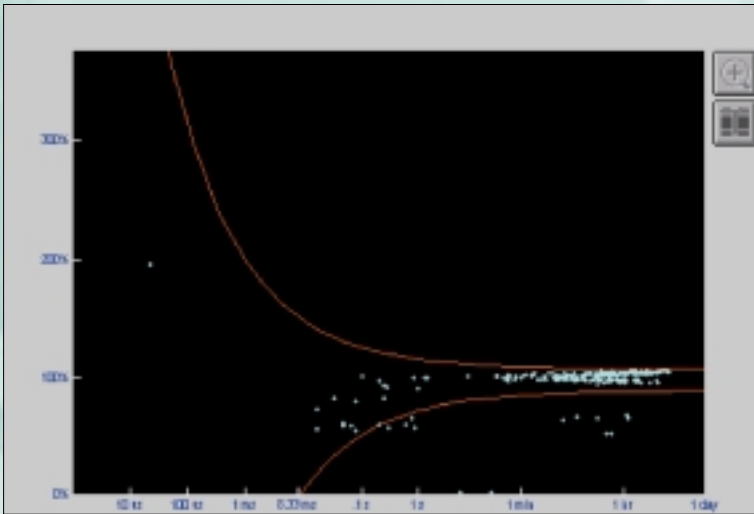


Leitfaden Netzqualität

Spannungseinbrüche

Einführung

5.1



Spannungseinbrüche

Einführung

David Chapman

CDA UK

März 2001

Übersetzung: Deutsches Kupferinstitut, Mai 2002

Europäisches Kupferinstitut (ECI)

Das Europäische Kupferinstitut wird getragen von Mitgliedswerken der ICA (International Copper Association) und dem IWCC (International Wrought Copper Council, einem Zusammenschluss der Halbzeugwerke). Auf Basis dieser Mitgliedschaft handelt das ECI im Interesse der weltgrößten Kupfer-Erzeuger und der führenden europäischen Halbzeugwerke für den Einsatz von Kupfer. Seit seiner Gründung im Januar 1996 bündelt es die Aktivitäten eines Netzwerks aus 10 nationalen Kupferzentren in Benelux, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Italien, Polen, Skandinavien, Spanien und Ungarn und setzt die Aktivitäten fort, die 1959 von der Copper Products Development Association und 1961 von der INCRA (International Copper Research Association) begonnen wurden.

Deutsches Kupferinstitut (DKI)

Das Deutsche Kupferinstitut wurde 1927 als zentrale technisch-wissenschaftliche Auskunfts- und Beratungsstelle für Kupfer und Kupferlegierungen in Deutschland gegründet. Gegenstand und Anliegen seiner Beratungstätigkeit ist die Verwendung von Kupfer und Kupferlegierungen. Hier geht es um die Erhaltung herkömmlicher und um die Erschließung neuer Anwendungsgebiete.

Das Deutsche Kupferinstitut sammelt und verbreitet zu diesem Zweck alle zugänglichen Informationen aus Wissenschaft, Technologie und Praxis. Sein Ziel ist es, die dort gewonnenen Kenntnisse und Erfahrungen einem breiten Publikum bekannt zu machen und zu erläutern und somit den allgemeinen Wissensstand und die Wertschätzung von Kupfer und Kupferlegierungen zu fördern und zu festigen.

Das Deutsche Kupferinstitut ist seit 1995 auch im Internet unter www.kupferinstitut.de und bei direkten Fragen per E-mail unter info@kupferinstitut.de zu erreichen. So können Informationen und Daten zum Werkstoff Kupfer und seinen Legierungen rund um die Uhr direkt abgefragt werden.

Danksagung

Diese Schrift wurde im Rahmen der Leonardo Power Quality Initiative (LPQI) erstellt, eines europäischen Ausbildungs- und Übungsprogramms unter der Schirmherrschaft und mit Unterstützung des Leonardo da Vinci Programms der Europäischen Union und der ICA International Copper Association.

Weitere Informationen finden Sie unter: www.lpqi.org.

Haftungsausschluss

Der Inhalt dieses Projektes gibt nicht notwendigerweise die Meinung der Europäischen Union wieder, noch zeichnet diese in irgendeiner Weise hierfür verantwortlich.

ECI und DKI übernehmen keine Verantwortung für irgendwelche direkte oder indirekte Folge- oder Zufallsschäden, die aus dem sachgemäßen oder unsachgemäßen Gebrauch der in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen und Daten entstehen.

Copyright© European Copper Institute und Deutsches Kupferinstitut.

Ungekürzte Reproduktion bei korrekter Angabe der Quelle erlaubt.



Deutsches Kupferinstitut
Am Bonnhof 5
D-40474 Düsseldorf

Tel.: +49 211 4796300
Fax: +49 211 4796310
E-Mail: info@kupferinstitut.de
Internet: www.kupferinstitut.de



European Copper Institute
Tervurenlaan 168 / b 10
B-1150 Brussel

Tel.: +32 2 7777070
Fax: +32 2 7777079
E-Mail: eci@eurocopper.org
Internet: www.eurocopper.org

Spannungseinbrüche

Spannungseinbrüche – Einführung

Ein kurzer Spannungseinbruch ist ein Rückgang oder der völlige Ausfall der Effektivspannung für einen kurzen Zeitraum. Er wird durch die **Dauer** und die **Restspannung** gekennzeichnet. Letztere wird für gewöhnlich als Prozentanteil der Nenn-Effektivspannung angegeben, der am tiefsten Punkt des Einbruchs verbleibt. Ein Spannungseinbruch bedeutet, dass bei der Last nicht die benötigte Energie ankommt, was je nach Art der betroffenen Last ernste Konsequenzen nach sich ziehen kann.

Längere Spannungseinbrüche werden mancherorts durch den Stromversorger absichtlich herbeigeführt, der die Spannung absenkt, um die Last bei Bedarfsspitzen zu reduzieren. Bei dieser Methode ist jedoch Vorsicht geboten, da manche Lasten – und nicht nur elektronisch geregelte, sondern auch konventionelle Drehfeldmotoren ohne Umrichter – bei Unterspannung einen höheren Strom aufnehmen und so das Gegenteil bewirken. Normalerweise jedoch ist eine für die Last zu schwache Leitung oder ein zu kleiner Transformator für die Unterspannung verantwortlich.

Motorantriebe, speziell drehzahlverstellbare Motoren, reagieren besonders empfindlich auf Spannungseinbrüche, da die Last immer noch Energie benötigt, die, abgesehen von der Trägheit des Antriebs, nicht mehr zur Verfügung steht. Bei Prozessen, an denen mehrere Antriebe beteiligt sind, können die Regler einzelner Motoren den Spannungsverlust registrieren und die Antriebe bei anderen Spannungspegeln als ihre gleichartigen Nachbarn abschalten und die Drehzahl verschieden schnell senken. Dies kann zum völligen Kontrollverlust über den Prozess führen. Datenverarbeitung und Steuerungen reagieren ebenfalls sehr empfindlich auf kurze Spannungseinbrüche. Sie können Datenverluste und ausgedehnte Ausfallzeiten erleiden. Die damit verbundenen Kosten können ganz erheblich sein und werden in Band 2 behandelt.

Es gibt zwei Hauptursachen für Spannungseinbrüche: das Anlaufen großer Lasten entweder am betroffenen Standort oder durch einen Verbraucher am selben Stromkreis sowie Fehler auf anderen Teilnetzen.

Durch große Lasten verursachte Spannungseinbrüche

Wenn hohe Lasten zugeschaltet werden, wie beispielsweise große Motorantriebe, kann der Hochlaufstrom das Vielfache des Nennstromes betragen, ganz zu schweigen vom Einschaltstrom, der wahrscheinlich, wenn nicht unausweichlich, in mindestens einem der drei Außenleiter auftritt. Er rührt von der magnetischen Sättigung her, die eintritt, wenn der Kontakt geschlossen wird und der Strom an einem Zeitpunkt bei Null einsetzt, wo er normalerweise nicht gleich Null wäre. Da die Stromversorgung und die Verkabelung der Anlage für den Stromverbrauch im normalen Betrieb ausgelegt sind, verursacht der hohe Anlaufstrom sowohl im speisenden Netz als auch in der Anlage einen kurzen Spannungseinbruch. Das Ausmaß dieses Effekts ist davon abhängig, wie „steif“ das Netz ist, das heißt, wie niedrig die Impedanz am gemeinsamen Einspeisepunkt ist, und von der Leitungsimpedanz der Anlage. Durch Anlaufströme verursachte Spannungseinbrüche sind weniger tief und dauern viel länger als durch Netzstörungen verursachte Einbrüche – typischerweise eher eine bis mehrere und sogar über zehn Sekunden, statt unter einer Sekunde.

Probleme vor Ort durch zu hohe Leitungswiderstände innerhalb der Anlage können leicht behoben werden. Hohe Lasten sollten direkt an der Quelle der betreffenden Spannungsebene angeschlossen werden – entweder dem gemeinsamen Einspeisepunkt oder dem Transformator des EVU. Wenn das Problem durch die Impedanz am gemeinsamen Einspeisepunkt verursacht wird – das heißt, dass die Versorgung zu „weich“ ist –, sind weiter gehende Maßnahmen erforderlich. Eine Lösung, sofern sie auf die betroffene Anlage angewendet werden kann, ist der Einbau eines Sanftanlaufs, so dass der Anlaufstrom auf einen niedrigeren Wert begrenzt wird, wodurch er allerdings länger andauert. Eine andere Lösung ist es, mit dem Stromversorger um einen niederimpedanteren Anschluss zu verhandeln – aber das kann je nach den geografischen Verhältnissen des Netzes im betroffenen Gebiet teuer werden. Wenn die Ursache des Spannungsfalls nicht behoben werden kann, sind andere Maßnahmen erforderlich, um diesen zu kompensieren. Angemessene Maßnahmen reichen von den konventionellen mechanischen Stabilisatoren mit Stellantrieb bis zu elektronisch gesteuerten Stufenschaltern und dynamischen Spannungsreglern. Diese Betriebsmittel werden in Band 5.3 behandelt. An dieser Stelle soll nur erwähnt werden, dass der Hochlaufstrom eines Drehfeldmotors einen sehr niedrigen Leistungsfaktor hat. Es handelt sich in der Tat um einen induktiven Strom, genauso wie der Spannungsfall in Transformatoren zum größten Teil induktiver Natur ist. Daher trägt der

Spannungseinbrüche

Transformator sehr viel mehr zum Spannungseinbruch bei als die Leitungen, deren Spannungsfall weitgehend durch den Widerstand verursacht wird. Aber dies bedeutet auch, dass die vorherrschend induktive Komponente des Anlaufstroms kompensiert werden kann, vorausgesetzt, dies geschieht an der richtigen Stelle und mit einer Kompensations-Anlage, die schnell genug geschaltet werden kann. Zu diesem Thema befindet sich jedoch ein separater Band in Vorbereitung.

Nebenbei sei bemerkt, dass für ohmsche Lasten das Gegenteil zutrifft: Transformatoren sind per Definition ausgelegt für ohmsche Lasten, so dass der durch den Transformator verursachte Spannungseinbruch bei Nennlast viel niedriger als die Kurzschlussspannung desselben Transformators (zum Beispiel 4 % oder 6 %) liegen wird, während der ohmsche Widerstand der Leitung so zu sagen voll zählt, und dieser Spannungseinbruch, der durch den Wirkstrom verursacht wird, kann natürlich nicht kompensiert werden.

Durch Netzstörungen verursachte Spannungseinbrüche

Das Versorgungsnetz ist sehr komplex. Das Ausmaß eines Spannungseinbruchs an einem Standort, der auf einer Störung in einem anderen Teil des Netzes beruht, hängt von der Topologie des Netzes und der relativen Quellen-Impedanz der Störung, Last und Generatoren am gemeinsamen Einspeisepunkt ab, zeigt ein Beispiel.

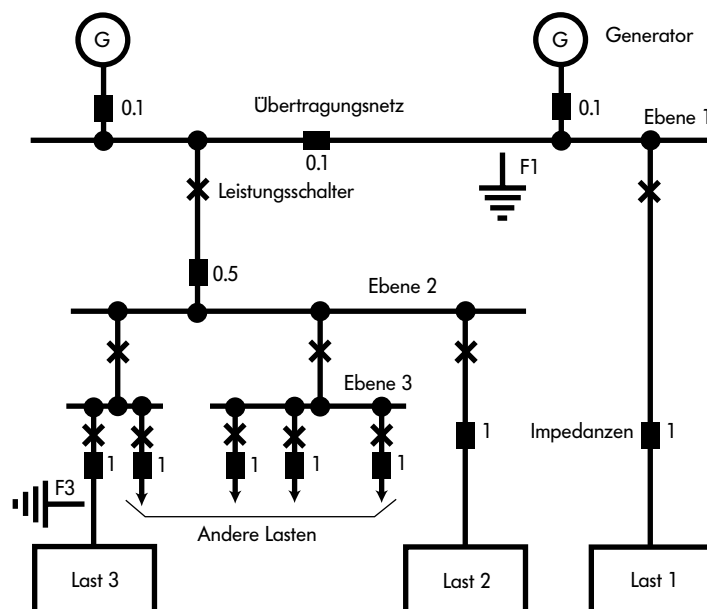


Bild 1: Die Ursache von Spannungseinbrüchen

Ein Fehler an Position F3 führt zu einem Einbruch auf 0 % bei Last 3, einem Einbruch auf 64 % bei Last 2 und auf 89 % bei Last 1. Ein Fehler auf F1 betrifft alle Verbraucher mit einem Einbruch auf 0 % bei Last 1 und auf 50 % für alle anderen Lasten. Es sei angemerkt, dass ein Fehler auf Spannungsebene 1 viel mehr Verbraucher viel stärker betrifft als ein Fehler auf Spannungsebene 3. Bei Lasten, die an Ebene 3 angeschlossen sind, werden wahrscheinlich viel mehr Einbrüche auftreten, als bei einer Last, die an Ebene 1 angeschlossen ist, weil es mehr potenzielle Störstellen gibt – sie werden auch von Fehlern auf Ebene 1 und Ebene 2 betroffen. Lasten auf Ebene 2 und Ebene 1 sind zunehmend weniger anfällig für Störungen auf Ebene 3. Je „näher“ die Last zur Quelle liegt, umso seltener und weniger stark sind die Spannungseinbrüche.

Die Dauer der Einbrüche hängt von der Zeit ab, die die Schutzstromkreise benötigen, um den Fehler zu identifizieren und freizuschalten, und liegt normalerweise im Bereich von einigen hundert Millisekunden. Da Störungen von vorübergehender Natur sein können (beispielsweise wenn sie durch den Ast eines Baumes verursacht wurden, der auf eine Freileitung gefallen ist), kann der Fehler sehr bald nach dem Auftreten beseitigt werden. Wenn der Stromkreis durch die Schutzeinrichtungen permanent vom Netz getrennt würde, würden alle Verbraucher einen Stromausfall erleiden, bis die Leitung überprüft und wieder zugeschaltet ist. Bestimmte Einrichtungen (im Englischen „autorecloser“ genannt; bei deutschen EVU spricht man vom „Distanzschutzschütz“) können diese Situation verbessern, andererseits aber auch die Anzahl der

Spannungseinbrüche

Spannungseinbrüche erhöhen. Der Distanzschutz versucht, innerhalb kurzer Zeit (weniger als 1 Sekunde) nach dem Ansprechen des Schutzes den Stromkreis automatisch wieder zu schließen (auf Englisch eben: „to autoreclose“). Die Zeitdauer bis zum wieder Zuschalten hängt dabei von der Impedanz des Fehlers ab, denn hieraus wird auf die Leitungslänge und somit auf die Entfernung zum Fehlerort geschlossen. Der dem Fehler nächste Leistungsschalter löst zuerst aus. So wird der abgeschaltete Teil des Netzes so klein wie möglich gehalten. Wenn der Fehler beseitigt ist, bleibt der Schalter geschlossen, und die Versorgung ist wieder hergestellt. Verbraucher auf diesem Stromkreis erleiden einen Spannungseinbruch von 100 % zwischen der Trennung vom Netz und dem automatischen Wiedereinschalten, während andere Verbraucher, wie oben erläutert, einen kleineren, kürzeren Einbruch zwischen dem Auftreten der Störung und dem Abtrennen der Störstelle erleiden. Wenn der Fehler beim Versuch den Distanzschutz wieder zuzuschalten noch nicht beseitigt ist, löst die Schutzeinrichtung erneut aus. Dieser Vorgang kann sich entsprechend seiner Programmierung wiederholen. Jedes Mal, wenn dieser die fehlerhafte Leitung wieder zuschaltet, tritt ein weiterer Spannungseinbruch auf, so dass die Verbraucher eine ganze Serie von Einbrüchen erleiden. Die Zuverlässigkeit der Stromversorger in deregulierten Märkten wird zum Teil – in einigen Ländern wie Großbritannien ausschließlich – nach den „verlorenen Kundenminuten“ beurteilt, wobei nur Unterbrechungen berücksichtigt werden, die eine Dauer von im Regelfall einer Minute überschreiten. Die Senkung dieser statistischen Zahl hat zum weit verbreiteten Einsatz des Distanzschutzes und zum Anstieg der Wahrscheinlichkeit von Spannungseinbrüchen geführt. Mit anderen Worten, die langfristige Verfügbarkeit ist maximiert worden, jedoch auf Kosten der Qualität. In anderen Ländern, beispielsweise in Deutschland, lässt man es aber mit einem, höchstens zwei Versuchen des Wiedereinschaltens gut sein. Wenn der Fehler dann noch nicht von selbst verschwunden ist, bleibt die Leitung / das Netzelement abgeschaltet.

Die Empfindlichkeit der Betriebsmittel

Der Einsatz von Computern ist heutzutage für alle Geschäftsbereiche unerlässlich, sei es als Bildschirmarbeitsplatz, Server oder zur Steuerung von Produktionsprozessen. Sie sind lebenswichtig für alle Datenverarbeitungs-Prozesse und viele Kommunikationsfunktionen, wie E-Mail und Sprachverarbeitungssysteme. Es war die Einführung von Computeranlagen, die als erste die Aufmerksamkeit auf das Problem der Spannungseinbrüche gelenkt hat (und genau genommen auf die meisten Netzqualitätsprobleme). Die ersten Anlagen wurden von scheinbar willkürlich auftretenden Störungen geplagt, die dazu führten, dass beträchtliche Anstrengungen zur Aufrechterhaltung des Betriebes unternommen werden mussten. Dieser Lernprozess führte zur Entwicklung der „Computer Business Equipment Manufacturers (CBEMA)“-Kurve (Bild 2). Diese ist zwischenzeitlich modifiziert worden und ist heute als „Information Technology Industry Council (ITIC)“-Kurve bekannt (Bild 3). Eine Version dieser Kurve wurde inzwischen vom ANSI (American National Standards Institute) als IEEE 46 genormt (Bild 4).

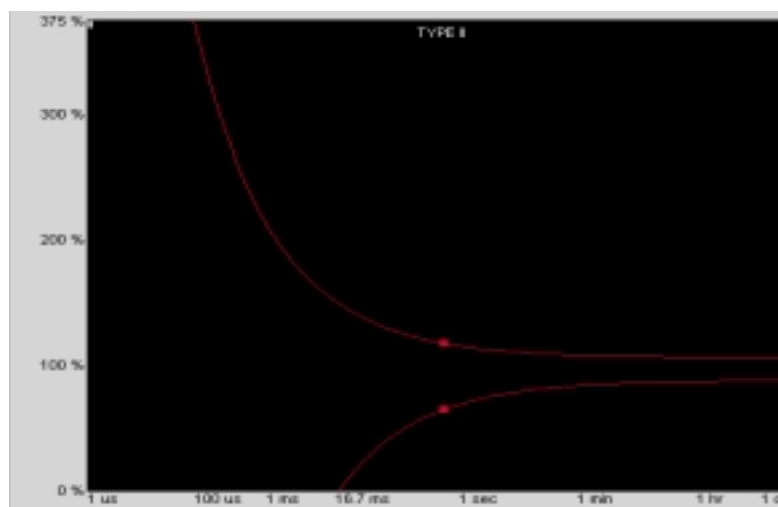


Bild 2: CBEMA-Kurve

Spannungseinbrüche

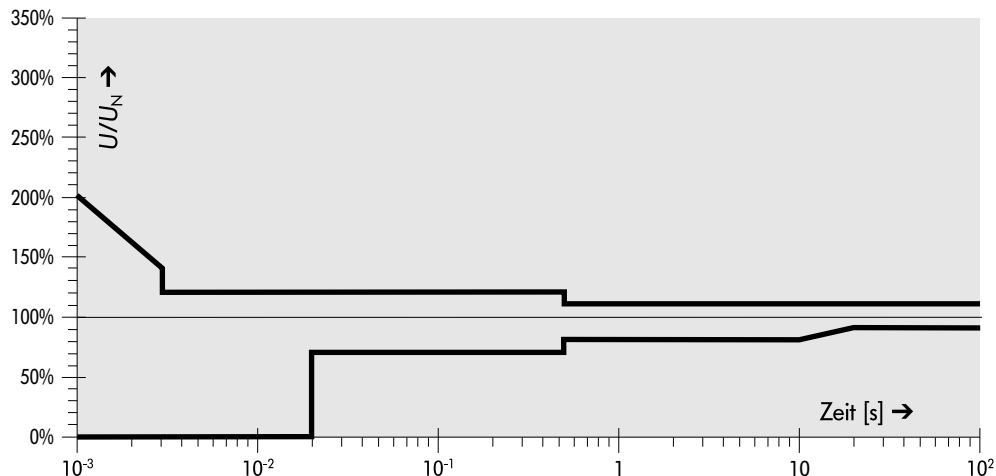


Bild 3: ITIC-Kurve

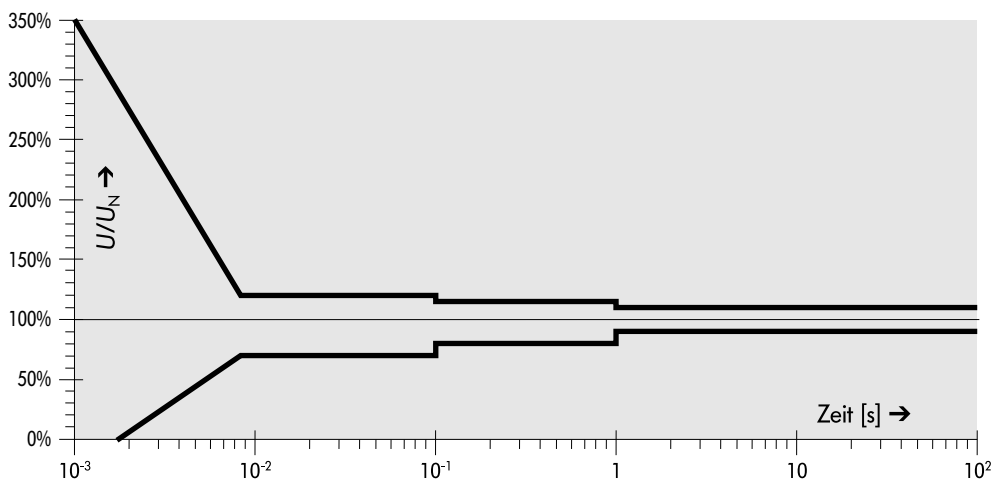


Bild 4: ANSI-Kurve

Die Dauer eines Ereignisses wird im Verhältnis zur Spannung unter Berücksichtigung der Nennspannung dargestellt. Die Kurve definiert den Bereich, innerhalb dessen das Betriebsmittel ohne Unterbrechung oder Datenverlust weiter funktionieren sollte. Soweit es um Spannungseinbrüche geht, ist die Untergrenze von Interesse. Diese Linie stellt die Grenze zwischen überstehbaren und nicht überstehbaren Einbrüchen dar.

Die Charakteristik der Störanfälligkeit verschiedener Betriebsmittel

Die Netzteile elektronischer Geräte, wie sie etwa in PCs und frei programmierbaren Steuerungen (SPS) zum Einsatz kommen, enthalten einen Glättungskondensator zum Überbrücken der nach der Zweiweg-Gleichrichtung verbleibenden Nulldurchgänge; daher sollten sie für Spannungseinbrüche von kurzer Dauer schon an sich genügend Reserve bieten. Je größer der Kondensator ist und je größer die Differenz zwischen der vom Kondensator gespeicherten Spannung und dem Minimum, den die Spannungswandler zum Funktionieren benötigen, umso höher ist auch die Reserve. Entwickler sind stets bemüht, Größe, Gewicht und Kosten zu senken und daher die Größe des Kondensators auf das Minimum dessen zu reduzieren, das gerade ausreicht, um die bei der Zweiweg-Gleichrichtung verbleibenden Nulldurchgänge zu überbrücken. Für eine große Reserve bei Spannungseinbrüchen ist ein viel größerer Kondensator erforderlich, und zwar mindestens doppelt so groß, um das Gerät in die Lage zu versetzen, eine Netzperiode zu überbrücken, und 100 mal so groß, wenn eine ganze Sekunde überbrückt werden soll. Ein anderer Ansatz sieht vor, die Mindesteingangsspannung so gering wie möglich zu halten, um die Überbrückungszeit zu verlängern. Dieses Vorgehen wird zwangsläufig bei Betriebsmitteln angewendet, die für einen Betrieb in einem weiten Spannungsbereich ausgelegt sind. Die Überbrückungszeit ist bei einer Betriebsspannung von 230 V viel länger

Spannungseinbrüche

als bei einer Spannung von 110 V. Es ist kein technisches Problem, ein gegen Spannungseinbrüche beständiges Netzteil herzustellen, aber es unterbleibt, weil dies kein Problem ist, das die Verbraucher beim Hersteller vorbringen, und weil der Preis eine Rolle spielt. Nichtsdestoweniger ist der Preis, um einen PC oder eine SPS mit einer Überbrückungs-Kapazität bis 1 Sekunde Dauer gegen Spannungseinbrüche auszurüsten, gering im Vergleich zu den Kosten, um das Netz so zu verbessern, dass solchen Spannungseinbrüchen vorgebeugt wird, ganz zu schweigen von den Kosten, die ohne Vorkehrungen entstehen. Einmal mehr werden hier fortwährend Kosten mit Preisen verwechselt.

Drehzahlsteller von Motoren können durch Spannungseinbrüche beschädigt werden und sind für gewöhnlich mit einer Unterspannungs-Abschaltung ausgerüstet, die bei 15 % bis 30 % Nennspannungs-Unterschreitung auslöst. Drehzahlsteller mit verbesserter Überbrückungszeit werden in einem späteren Band dieses Leitfadens behandelt.

Drehfeldmotoren haben eine gewisse Trägheit, mit deren Hilfe sie ihre Last während eines kurzen Spannungseinbruchs weiter versorgen, indem sie Energie freisetzen, während sie langsamer werden. Diese Energie muss ersetzt werden, indem der Motor bei wiederkehrender Spannung wieder beschleunigt, und wenn die Drehzahl auf unter 95 % gefallen ist, so wird der Motor fast den vollen Hochlaufstrom aufnehmen. Da alle Motoren gleichzeitig hochlaufen, kann sich daraus die Ursache für den nächsten Einbruch ergeben.

Relais und Schütze sind ebenfalls gegen Spannungs-Einbrüche anfällig. Oft sind sie die schwächsten Glieder im System. Es wurde nachgewiesen, dass eine Anlage während eines Spannungseinbruchs selbst dann ausfallen kann, wenn die verbleibende Spannung höher ist als die minimale garantierte Haltespannung. Die Beständigkeit eines Schutzes gegen Spannungseinbrüche hängt nicht nur von der Restspannung und der Dauer des Einbruchs ab, sondern auch von der Stelle der Schwingung, an der der Spannungseinbruch einsetzt. Dabei ist der Effekt am Scheitelpunkt am geringsten.

Natriumdampflampen haben im heißen Zustand eine viel höhere Zündspannung als im kalten, so dass eine heiße Lampe nach einem Spannungseinbruch möglicherweise nicht wieder startet. Die Höhe des Einbruchs, der eine Lampe zum Verlöschen bringt, kann von 45 % im Neuzustand auf nur 2 % am Ende ihrer Lebensdauer sinken.

Die meisten Geräte und Anlagen enthalten eines oder mehrere der oben aufgeführten Elemente und zeigen daher Schwierigkeiten, wenn Spannungseinbrüche auftreten. Bild 5 legt nahe, dass es billiger und zuverlässiger ist, die Betriebsmittel so zu entwerfen, dass sie gegen Spannungseinbrüche resistent sind, als zu versuchen, den ganzen Betriebsablauf, die ganze Produktionsanlage oder das gesamte Stromverteilungssystem hiergegen resistent zu machen. Wie gezeigt wird, steigen die Kosten für die Problemlösung rapide an, je weiter diese von den Betriebsmitteln über die Fabrikanlage zur Infrastruktur verlagert wird.

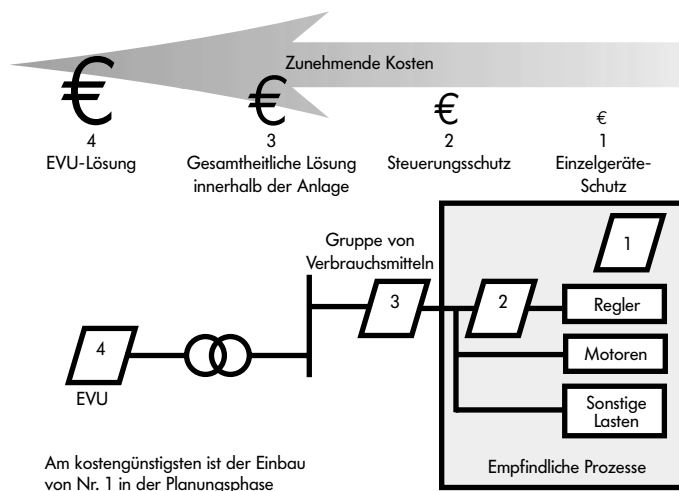


Bild 5: Kosten der Verbesserung der Toleranz von Spannungseinbrüchen

Die Charakteristik von Spannungseinbrüchen beim Stromversorger

Wie weiter oben erläutert, hängt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Höhe von Spannungseinbrüchen von der Topologie des Netzes in der Umgebung des betreffenden Standortes ab. Es sind einige begrenzte Untersuchungen in relativ kleinen Gebieten einiger Länder durchgeführt worden, aber es entspricht immer noch den Tatsachen, wenn man sagt, dass Statistiken über Spannungseinbrüche für bestimmte Einzelgebiete nicht verfügbar sind. Dadurch wird die Standortwahl für kritische Projekte zum Glücksspiel. Offensichtlich ist ein Standort in der Nähe eines (oder zweier) Stromerzeugungsanlagen, die durch ein Mittelspannungserdkabel mit dem Standort verbunden sind, eine bessere Wahl als ein abgelegener Standort mit einer langen, der Witterung ausgesetzten Freileitung, aber in welchem Maße? Es ist leicht, zum Beispiel die Qualität der Verkehrsverbindungen zu beurteilen, und dieser Faktor wird oft als einer der Gründe für die Wahl eines bestimmten Wirtschaftsstandortes angegeben, aber es ist eher schwierig, die Qualität der elektrischen Infrastruktur zu beurteilen.

Standorte auf der grünen Wiese verursachen spezielle Probleme, da es keine bereits existierenden Produktionsanlagen gibt, die als Referenz herangezogen werden könnten. Andererseits bieten sie jedoch die Möglichkeit, vor Ort mit einer angemessenen Infrastruktur zu beginnen, solange der örtliche Stromversorger bereit und in der Lage ist, diese zu liefern (mit Ihrem Geld!).

Diejenigen Untersuchungen, die bisher durchgeführt worden sind, zeigen, dass die Dauer von Spannungseinbrüchen beim Stromversorger eher länger ist, als sie für die weiter oben erwähnten Toleranzkurven für die Betriebsmittel angenommen wird. Bild 6 zeigt die wahrscheinliche Dauer und Höhe von Spannungseinbrüchen in einem typischen Stromnetz. Zu Vergleichszwecken wurde auch die ITIC-Kurve eingetragen.

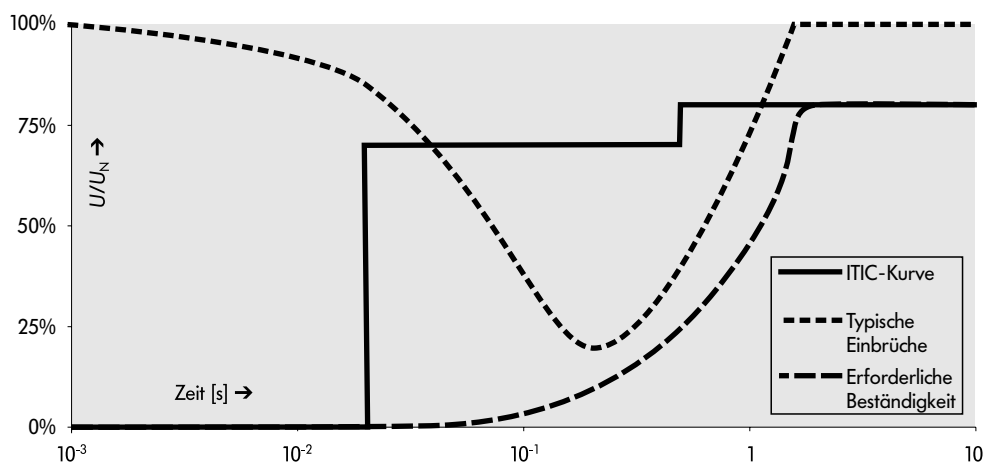


Bild 6: Charakteristik eines typischen Spannungseinbruchs beim Versorger und ITIC-Kurve

Dieses Diagramm beweist eindeutig, dass IT-Anlagen und -Geräte in Wirklichkeit etwa 100 Mal besser ausgelegt sein müssen, als es die ITIC-Kurve nahe legt, wie die Kurve der erforderlichen Beständigkeit zeigt. Es ist zu vermuten, dass keine Produktionsanlage diese Erfordernisse erfüllt!

Die Lücke schließen

Es ist klar, dass gewerblich genutzte Betriebsmittel gegen die normalen, typischen Versorgungsstörungen beständig sein müssen, aber dies ist bei lagerhaltiger Standardware nicht der Fall. Wie Bild 5 zeigt, sind die Kosten zur Behebung der Störung viel niedriger, wenn die Korrekturmaßnahmen bereits bei der Planung mit eingeplant werden. Dies erfordert jedoch Kenntnisse über die Art und Wahrscheinlichkeit von Fehlern. Es sind genau diese Kenntnisse, die fehlen, doch wäre gerade dies auch der kostengünstigste Ansatz.

Einige Hersteller haben dieses Problem durchaus erkannt, aber der Wettbewerb im Markt führt dazu, dass die Hersteller nur auf die Forderungen der Kunden reagieren. Bis diese die Probleme verstanden haben und erkennen, dass die Lieferanten Lösungen anbieten können, werden sie keine verbesserten Leistungen verlangen. Eine Ausnahme stellt der Markt für drehzahlverstellbare Motoren dar, wo die Hersteller aktiv für Produkte mit verbesserter Überbrückungszeit bei Spannungseinbrüchen werben.

Spannungseinbrüche

In der herkömmlichen Praxis werden Zusatzgeräte bereitgestellt, die die Last während der Spannungseinbrüche unterstützen; die verschiedenen Typen von Zusatzgeräten werden in späteren Bänden dieses Leitfadens näher beschrieben. Im Fall von Lasten mit niedriger Leistungsaufnahme, wie zum Beispiel IT-Geräten, werden unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen eingesetzt, um die Lasten vor Spannungseinbrüchen und kurzen Stromausfällen zu schützen. Der Energiespeicher ist für gewöhnlich ein Akkumulator und daher nicht für längerfristige Einbrüche geeignet. Typischerweise wird die Last gerade lange genug gestützt, um die Anlage geordnet herunterzufahren und somit die Daten zu schützen, aber es dauert immer noch eine beträchtliche Zeit, wieder hochzufahren. Manchmal wird eine USV-Anlage gerade so lange benutzt, bis ein Notstrom-Generator hochgelaufen ist.

Für flache Spannungseinbrüche, bei denen die verbleibende Spannung beträchtlich ist, gibt es verschiedene bewährte Techniken zur Spannungsregelung, einschließlich elektromechanischer und elektromagnetischer Geräte. Da kein Bedarf an gespeicherter Energie besteht, können diese Geräte für lang andauernde Ereignisse wie Über- und Unterspannungen eingesetzt werden. Automatische Spannungsregler werden in Band 5.3.1 dieses Leitfadens beschrieben.

Wenn es um große Lasten oder starke Spannungseinbrüche geht, werden dynamische Spannungsgregler, im Englischen so genannte „Dynamic Voltage Restorer (DVR)“ eingesetzt. Diese Geräte werden in Serie mit der Last verschaltet und erzeugen den fehlenden Teil der Spannung; wenn sie auf 70 % einbricht, erzeugt der DVR die fehlenden 30 %. Die DVR sollen normalerweise die Last für eine kurze Dauer unterstützen und können auf Hochleistungs-Akkumulatoren, Superkondensatoren oder anderen Speichermedien, wie zum Beispiel Schwungrädern, basieren. Einige Modelle verfügen über gar keine Energiespeicher und ergänzen die fehlenden 30 % Spannung durch eine um 30 % höhere Stromaufnahme. Dies ist natürlich das genaue Gegenteil dessen, was erforderlich wäre, um den Spannungseinbruch beim Stromversorger zu mildern, und macht den Einbruch für benachbarte Unternehmen umso schlimmer. Die Ingenieure an diesen Standorten werden folglich ebenfalls DVR für erforderlich halten, und wenn auch sie versuchen, an den Kosten für Energiespeicher zu sparen, wird der Spannungseinbruch fast zum Stromausfall ausarten, wo dieser Typ von DVR natürlich überhaupt nicht mehr funktioniert. Im Extremfall ist dies ein optimales Beispiel dafür, wie man 100 % Effektivität zu 100 % Kosten leicht auf 0 % Wirkung reduzieren kann, indem man die Anschaffungskosten um beispielsweise 30 % senkt. Es bleibt festzustellen, dass jeder Typ von USV-Anlage diesen Namen nur verdient, wenn sie über einen Energiespeicher, welcher Art auch immer, verfügt.

DVR beider Typen sind nicht zur Überbrückung lang andauernder Über- und Unterspannungen geeignet.

Schlussfolgerung

Die Netzqualität zu verbessern, indem man Spannungseinbrüche eliminiert, ist sehr teuer, sofern überhaupt möglich. In speziellen Fällen, in denen die Notwendigkeit die Ausgaben rechtfertigt, ist es möglich, über zwei hinreichend getrennte Stromversorgungen zu speisen.

Für die meisten Tätigkeiten und Betriebe sind Anlagen der einen oder anderen Art zur Milderung von Spannungseinbrüchen erforderlich, und es gibt eine reichhaltige Auswahl, je nach Art der zu schützenden Last.

Die preiswerteste Lösung wäre die Wahl von Endgeräten mit ausreichender eingebauter Reserve gegen Spannungseinbrüche, aber diese werden noch nicht in ausreichendem Maße von den Herstellern angeboten.

Notizen

Leonardo Netzwerk-Partner:

Copper Benelux

Tervurenlaan 168
B-1150 Brussels
Belgien

Tel.: 0032 / 2 / 7777090
Fax: 0032 / 2 / 7777099
E-Mail: mail@copperbenelux.org
Internet: <http://www.copperbenelux.org>

Kontakt: Herr B. Dôme

Copper Development Association

5 Grovelands Business Centre
Boundary Way
Hemel Hempstead HP2 7TE
Großbritannien

Tel.: 0044 / 1442 / 275700
Fax: 0044 / 1442 / 275716
E-Mail: copperdev@compuserve.com
Internet: <http://www.cda.org.uk>
www.brass.org

Kontakt: Frau A. Vessey

Deutsches Kupferinstitut e.V.

Am Bonnhof 5
D-40474 Düsseldorf
Deutschland

Tel.: 0049 / 211 / 4796-300
Fax: 0049 / 211 / 4796-310
E-Mail: sfassbinder@kupferinstitut.de
Internet: <http://www.kupferinstitut.de>

Kontakt: Herr S. Fassbinder

ECD Services

Via Pietro Rondoni 11
I-20146 Milano
Italien

Tel.: 0039 / 02 / 4237041
Fax: 0039 / 02 / 48309976
E-Mail: baggini@ecd.it

Kontakt: Dr. A. Baggini

European Copper Institute

Tervurenlaan 168 / b 10
B-1150 Brussel
Belgien

Tel.: 0032 / 2 / 7777070
Fax: 0032 / 2 / 7777079
E-Mail: eci@eurocopper.org
Internet: www.eurocopper.org

Kontakt: Herr H. De Keulenaer

HTW Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes

Goebenstraße 40
D-66117 Saarbrücken
Deutschland

Tel.: 0049 / 681 / 5867-0
Fax: 0049 / 681 / 5867-302
E-Mail: wlang@htw.uni-sb.de

Kontakt: Herr Prof. W. Langguth

Istituto Italiano del Rame

Via Corradino d'Ascanio 4
I-20142 Milano
Italien

Tel.: 0039 / 02 / 8930-1330
Fax: 0039 / 02 / 8930-1513
E-Mail: vloconsolo@iir.it
Internet: <http://www.iir.it>

Kontakt: Herr V. Loconsolo

KU Leuven

Kasteelpark Arenberg 10
B-3001 Leuven-Heverlee
Belgien

Tel.: 0032 / 16 / 321021
Fax: 0032 / 16 / 321985
E-Mail: ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be

Kontakt: Herr Prof. R. Belmans

Polskie Centrum Promocji Miedzi SA

Pl. 1 Maja 1-2
PL-50-136 Wrocław
Polen

Tel.: 0048 / 71 / 7812502
Fax: 0048 / 71 / 7812504
E-Mail: copperpl@wroclaw.top.pl

Kontakt: Herr P. Jurasz

TU Bergamo

Viale G Marconi 5
I-24044 Dalmine (BG)
Italien

Tel.: 0039 / 035 / 277307
Fax: 0039 / 035 / 562779
E-Mail: graziana@unibg.it

Kontakt: Prof R. Colombi

TU Wrocław

Wybrzeze Wyspianskiego 27
PL-50-370 Wrocław
Polen

Tel.: 0048 / 71 / 3280192
Fax: 0048 / 71 / 3203596
E-Mail: i8@elektryk.ie.pwr.wroc.pl

Kontakt: Herr Prof. H. Markiewicz



David Chapman

 **Copper Development Association**

5 Grovelands Business Centre
Boundary Way
Hemel Hempstead HP2 7TE
Großbritannien

Tel.: 0044 / 1442 / 275700
Fax: 0044 / 1442 / 275716
E-Mail: copperdev@compuserve.com
Internet: <http://www.cda.org.uk>
www.brass.org



Deutsches Kupferinstitut
Am Bonnhof 5
D-40474 Düsseldorf

Tel.: +49 211 4796300
Fax: +49 211 4796310
E-Mail: info@kupferinstitut.de
Internet: www.kupferinstitut.de



European Copper Institute
Tervurenlaan 168 / b 10
B-1150 Brussel

Tel.: +32 2 7777070
Fax: +32 2 7777079
E-Mail: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org