

EMP-Schutz von Rechenzentren



Elektromagnetische Schirmung gegen Störung der IT

Rechenzentren werden mit hohem Aufwand gegen Brand, Einbruch und Wasser geschützt. Eine Bedrohung durch elektromagnetische Impulse (EMP) bleibt bisher weitgehend unberücksichtigt. Diese Impulse können je nach Intensität EDV-Anlagen stören oder sogar zerstören. In Zukunft ist verstärkt damit zu rechnen, dass die internationale Terrorszene in der Lage sein wird, EMP-Generatoren zu bauen – mit fatalen Folgen. Bedrohungsszenarien und mögliche Lösungen. ■ Hans Wolfspenger



Was ist ein EMP? Ein elektromagnetischer Impuls ist eine sprunghafte Änderung einer elektrischen oder magnetischen Größe, zum Beispiel der Stromstärke oder der elektrischen Feldstärke. Seine charakteristischen Größen sind die Amplitude, die Anstiegs- und die Rückzeit. Um einen Impuls zu erzeugen, muss eine gewisse Energie in gespeicherter Form „vorrätig“ sein, etwa in einem geladenen Kondensator. Durch einen Schaltvorgang wird der Energiespeicher schlagartig entladen, sodass trotz begrenzter Energie eine sehr hohe Leistung auftritt.

Die Energie der Impulse lässt sich – gedanklich – auf unendlich viele Einzelfrequenzen verteilen. Man erhält so die spektrale Leistungsdichte eines Impulses oder einer Impulsfolge. Je kürzer die Anstiegszeit eines Impulses ist, umso stärker sind höherfrequente Anteile in ihm enthalten.

AUTOR

Dr.-Ing Hans A. Wolfspenger
info@schirmungstechnik.de
 W+R Schirmungstechnik GmbH
 83043 Bad Aibling

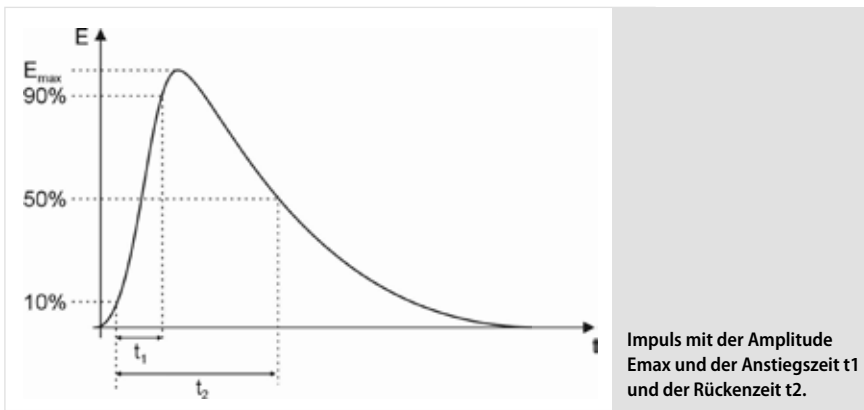
Welche Ursachen hat ein EMP?

Impulse in der Energieversorgung: Prinzipiell führt schon das Betätigen eines Lichtschalters zu einem elektromagnetischen Impuls. Das Schließen des Stromkreises führt zu einem sprunghaften Ansteigen des Stromes. In größerem Maßstab tritt dies in Elektroenergiesystemen beim Schalten hoher Ströme auf. Die sprunghafte Stromänderung führt an Induktivitäten (etwa von Transformatoren) zu „Spannungsspitzen“, die als Überspannungen bezeichnet werden. Sie breiten sich in Form von Wanderwellen auf den Leitungen aus. Diese, aus dem System selbst stammenden Impulse, werden von den Netzbetreibern beherrscht. Ihre Auswirkungen werden durch Gegenmaßnahmen wie Filterung begrenzt.

Blitze (LEMP): Beim Blitzeinschlag entladen sich atmosphärische Ladungswolken, die untereinander oder gegenüber der Erde ein so hohes elektrisches Potential besitzen, dass die Durchschlagsfestigkeit von Luft überschritten wird. Der Lichtbogen, der sich ausbildet, ist elektrisch leitfähig, sein Auftreten entspricht dem Schließen eines Schalters. Im leitfähigen Kanal des Lichtbogens kommt es zu mehreren Stromstößen mit Anstiegszeiten im Mikrosekundenbereich und maxi-

malen Stromstärken von etwa 20 kA. Die Wirkung eines direkten Blitzeinschlags ist uns bekannt. Dazu kommt aber, dass der schnell ansteigende elektrische Strom von einem ebenso schnell ansteigenden Magnetfeld umgeben ist, welches eine elektromagnetische Stoßwelle auslöst, den Lightning ElectroMagnetic Pulse, LEMP. Diesen nehmen wir unter anderem als Knackgeräusch im Radio wahr. Im Allgemeinen besitzen elektrische Geräte eine ausreichende Störfestigkeit gegenüber diesem elektromagnetischen Impuls.

Kernwaffendetonation (NEMP): Bei der Zündung von Kernwaffen wird schlagartig Gammastrahlung in hoher Intensität freigesetzt. Diese ionisiert Teilchen in der Atmosphäre, sodass es zur Ladungstrennung kommt. Der Ausgleichsvorgang dieser Ladungen erzeugt ebenfalls eine elektromagnetische Schockwelle mit einer Anstiegszeit von etwa vier Nanosekunden, also wesentlich kürzer als beim LEMP-Impuls. Herkömmliche Blitzschutzsysteme sprechen daher oft auf den NEMP nicht an. Der NEMP ist Begleiterscheinung bei jeder überirdischen Kerndetonation. Es gab jedoch auch Pläne, nukleare Sprengsätze in der Atmosphäre (Endo-NEMP) und im Weltraum (Exo-NEMP) zu zünden. So könnte deren elektromagnetische Wirkung als Waffe genutzt werden und >



große Bereiche elektromagnetisch „lahmliegen“. Militärische Gerätschaften wurden daher in der Vergangenheit gehärtet, um dem Einfluss des NEMP zu widerstehen. Zivile Geräte und Anlagen besitzen im Allgemeinen keinen NEMP-Schutz.

High Power Microwave-(HPM)-Waffen: Wie erwähnt, lässt sich die Energieverteilung eines Pulses auf das elektromagnetische Spektrum verteilen. Je kürzer die Anstiegszeit ist, umso höhere Frequenzen treten auf und umso kürzer ist die Wellenlänge der sich ausbreitenden Stoßwelle. Kurzwelligere elektromagnetische Strahlung kann aber leichter durch Öffnungen in Gebäude, Fahrzeuge und Gehäuse eindringen. Außerdem sind in elektronischen Geräten Kabel und Leiterbahnen vorhanden, die für hochfrequente elektromagnetische Felder als Antenne wirken. Diese Verwundbarkeit elektronischer Geräte und Systeme machen sich sogenannte

HPM-Waffen zu Nutze. Man unterscheidet EMP-Generatoren, die Impulse mit Anstiegszeiten von 1 bis 4 Nanosekunden erzeugen, und Ultra-Wide-Band-Generatoren mit Anstiegszeiten unter einer Nanosekunde. Letztere strahlen ihre Energie im Frequenzbereich zwischen 100 MHz und 1 GHz ab, genau in dem Bereich, in dem die meisten elektronischen Geräte besonders empfindlich sind.

Welche Wirkungen hat ein EMP?

Ein elektromagnetischer Impuls kann elektronische Geräte stören (etwa einen Rechner zum Absturz bringen) oder gar zerstören. Letzteres geschieht, indem zum Beispiel Spannungsüberschläge in Sperrschichten von Halbleitern herbeigeführt werden oder sogar Bauelemente und Leiterbahnen durch thermische Auswirkungen des Impulses zerstört werden. Abhän-

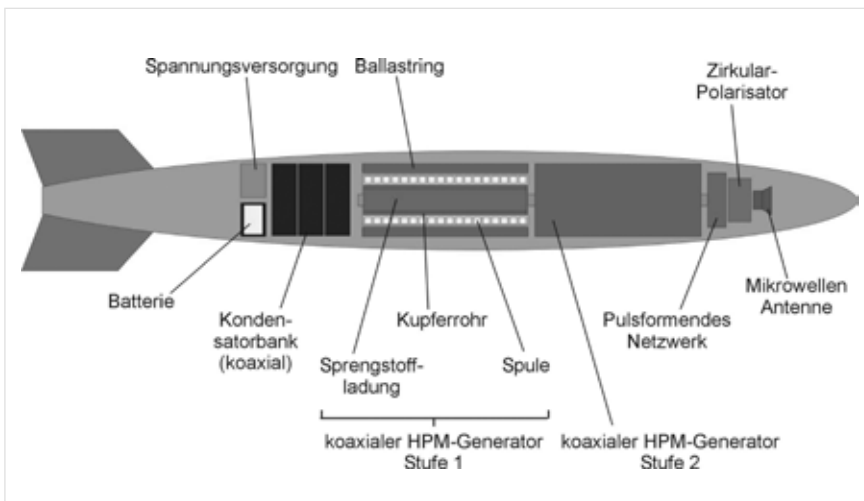
gig ist die zerstörende Wirkung vor allem von der oben bereits erwähnten Anstiegszeit und von der auftretenden maximalen elektrischen Feldstärke. Bei UWB-Pulsen (Anstiegszeit etwa 100 ps) sind elektrische Feldstärken > 15 kV/m ausreichend, um einen Rechner zuverlässig zum Ausfall zu bringen. Bei längeren Anstiegszeiten, wie sie herkömmliche EMP-Generatoren erzeugen, werden höhere Feldstärken im Bereich 50 kV/m notwendig. Erst in zweiter Linie hängt die Gefährlichkeit eines EMPs von dessen Gesamtenergie – also von seiner Einwirkdauer – ab.

Bemerkenswert bei Schädigungen durch einen EMP ist die Tatsache, dass sein Auftreten nicht direkt wahrgenommen werden kann. Von sprengstoffbetriebenen EMP-Generatoren abgesehen, ist seine Erzeugung lautlos und unsichtbar.

EMP-Bedrohungsszenarien

Der Bau von HPM-Waffen wurde in der Vergangenheit hauptsächlich durch das Militär vorangetrieben. Es gibt Berichte über deren Einsatz durch US-Truppen auf dem Balkan und im Irakkrieg. Als Energiequelle kommen neben elektrischen Energiespeichern auch Sprengstoffe in Frage, deren Explosionsenergie in elektromagnetische Energie umgewandelt wird („Flux-Compression-Bomb“). Aufgrund der leichten Verfügbarkeit schneller Halbleiterschalter und der allgemein zugänglichen Erkenntnisse über Impulsleistungstechnik – das Studienfach kann an vielen Hochschulen von jedem Elektrotechnikstudenten gehört werden – ist damit zu rechnen, dass auch die terroristische Szene in Kürze in der Lage sein wird, HPM-Generatoren zu bauen und einzusetzen. Prinzipzeichnungen und Funktionsschemata von EMP-Waffen sind im Internet zugänglich. Damit tritt ein neues, bisher weitgehend unberücksichtigtes Bedrohungspotenzial in Erscheinung.

Denkbar ist beispielsweise ein UWB-Generator, der samt Energiespeicher in einem Kraftfahrzeug installiert ist. Die Abstrahlung kann durch eine Antenne außerhalb der Karosserie in gerichteter Form erfolgen. Der Angreifer kann so den Generator unbemerkt in unmittelbare Nähe seines Ziels, etwa eines Rechenzentrums oder einer leittechnischen Anlage eines Energie-, Gas- oder Wasserversorgungnetzes, bringen. Die Folgen können verheerend sein: Von der Betriebsstörung bis hin zur physikalischen Zerstörung der gesamten Anlage.



Zweistufige HPM-Bombe, wie sie vom US-Militär eingesetzt wird: Aus der Batterie wird eine koaxiale Kondensator-Bank aufgeladen. Unmittelbar vor der Zündung wird diese auf eine Spule geschaltet, in der so ein sehr hoher Strom fließt. In der Spule befindet sich ein Kupferrohr mit der Sprengladung. Diese weitet bei der Zündung schlagartig das Kupferrohr auf, welches die Spulenwindungen kurzschließt. So kommt es zu einer schnellen Änderung des magnetischen Flusses in der Spule und somit zu einer sehr hohen Induktionsspannung. Mit dieser wird die zweite Stufe betrieben. An deren Ausgang befindet sich ein pulsformendes Netzwerk. Der Zirkular-Polarisator sorgt dafür, dass der mit einer Mikrowellen-Antenne abgestrahlte Impuls E-Feld-Komponenten in alle Richtungen besitzt. Prinzipzeichnungen und Funktionsbeschreibungen derartiger HPM-Waffen kursieren im Internet.

Schutzmöglichkeiten

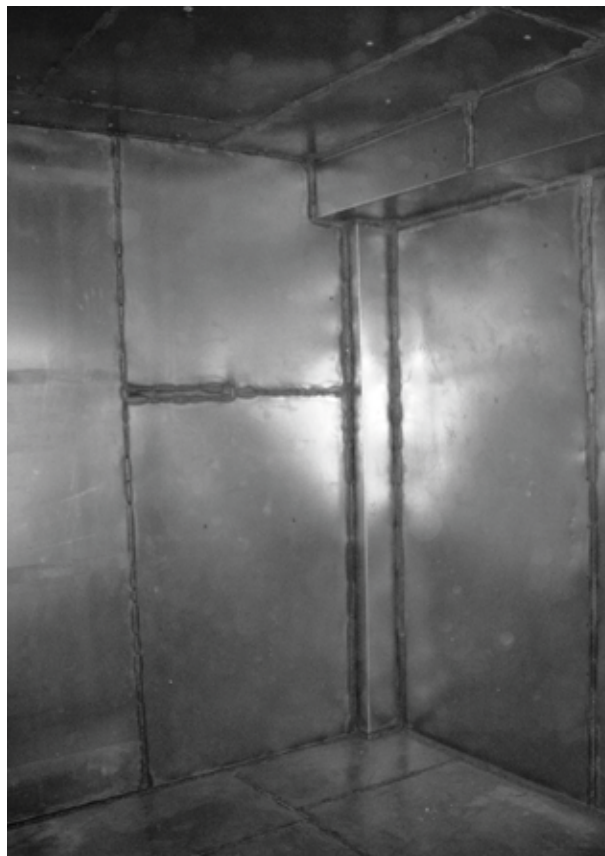
Der elektromagnetische Impuls breitet sich im leeren Raum aus und trifft in einer bestimmten Entfernung sein Ziel. Von Behörden und Militärs wird eine zu erwartende elektrische Feldstärke von rund 100 kV/m angenommen, welche durch HPM-Waffen erzeugt werden kann. Die Störfestigkeit, die informationstechnische Geräte üblicher Weise besitzen, liegt bei etwa 10 V/m. Dies bedeutet, eine Dämpfung der Feldstärke um den Faktor 10 000, also 80 dB, ist erforderlich. Diese Dämpfung sollte im Frequenzbereich 20 kHz bis 4 GHz erfüllt sein, um alle Bedrohungsszenarien abzudecken. Es gibt aber keine allgemeingültigen zivilen Vorschriften.

Da die Feldstärke entsprechend der Entfernung abnimmt, kann hieraus schon eine erste Schutzmöglichkeit abgeleitet werden: Durch organisatorische Maßnahmen kann verhindert werden, dass Angreifer in die Nähe des verwundbaren Ziels gelangen. Wie groß der Schutzbereich sein muss, hängt von der angenommenen Stärke der Bedrohung ab und lässt sich nicht pauschal beantworten. Militärs gehen von einigen 100 Metern aus. Bei dichter Bebauung dürfte es schwierig werden, ausreichend große Schutzzonen zu bilden. Gegen einen Angriff aus der Luft ist ein Schutz durch organisatorische Maßnahmen ohnehin nur schwer möglich.

Gebäude dämpfen elektromagnetische Wellen. Im gefährlichen Frequenzbereich ist die Dämpfung herkömmlicher Gebäude allerdings eher gering. Die kurzweilige elektromagnetische Strahlung kann durch Fenster und andere Gebäudeöffnungen nahezu ungehindert eindringen. Aber auch die Schirmwirkung von Mauerwerk und Beton liegt nur in der Größenordnung von zirka 20 dB. Anlagen weit unter der Erde versprechen einen etwas besseren Schutz, sind aber im Allgemeinen nicht verfügbar. Über die Dämpfung zwischen einem (angenommenen) Angriffspunkt und dem Ort, an dem sich die zu schützenden Anlagen befinden, kann nur eine Schirmdämpfungsmessung eine zuverlässige Aussage liefern.

Den zuverlässigsten Schutz bieten elektromagnetisch geschirmte Räume mit gefilterter und EMP-geschützter Stromversorgung. Derartige Räume sollten folgende Merkmale aufweisen:

- ▶ Magnetische Schirmdämpfung nach IEEE Std. 299: 80 dB im Frequenzbereich 20 kHz – 4 GHz. Diese Forde-



Geschweißte Schirmung ohne Innenausbau.

rung wird von Schirmkabinen hoher Qualität oder dicht verschweißten Stahlblech-Räumen erfüllt. Alle verwendeten Komponenten (zum Beispiel Türen) müssen diese Anforderungen erfüllen

- ▶ Um lediglich einen Schutz gegen UWB-Impulse zu gewährleisten, reicht ein geringerer Frequenzbereich der Schirmung aus (10 MHz – 4 GHz). In diesem Fall kann der Raum auch durch eine architektonische Schirmung geschützt werden, wobei die bisherige Ausstattung des Raumes, wie Fenster, erhalten bleiben kann
- ▶ Zutritt über geschirmte Türen, meist Messerkontakttüren mit Kontaktfeder-Dichtungen
- ▶ Belüftung über Wabenkamineinsätze
- ▶ Medienzuführungen (Kühlwasser) über geschirmte Durchführungen
- ▶ Netzspannungsversorgung über hochwertige HF-Filter mit Überspannungsschutz
- ▶ Datennetzanbindung über Lichtwellenleiter und HF-dichte LWL-Durchführungen

Der Anbieter von EMP-geschützten Räumen sollte die Einhaltung der Schirmdämpfung für das gesamte System garantieren. Die Erfüllung dieser Anforderungen kann durch Schirmdämpfungs-

messung nachgewiesen werden. Dabei wird außerhalb des Raumes eine HF-Sendeantenne platziert, innerhalb eine Empfangsantenne. Die Kopplung zwischen beiden Antennen wird gemessen und mit deren Kopplung ohne Schirmwand zwischen den Antennen verglichen. Die gemessene Pegeldifferenz entspricht der Schirmdämpfung.

Elektromagnetisch geschirmte Räume bieten neben dem EMP-Schutz zusätzlich den Vorteil der Abstrahlsicherheit. Die Anforderungen des BSI können somit ohne zusätzlichen Aufwand erfüllt werden.

Zusammenfassung

Elektromagnetische Pulse hoher Leistung (EMP) stellen eine Bedrohung für die Verfügbarkeit und Datensicherheit von Rechenzentren dar. Eine EMP-Beaufschlagung kann zu Störungen oder zur Zerstörung von EDV-Anlagen führen. Als wirksamer Schutz bietet sich der Einsatz geschirmter Räume mit hoher Schirmdämpfung an. ■

Dieser Beitrag als PDF und weiterführende Informationen (ähnliche Beiträge, technische Daten, Direktlinks zum Hersteller etc.) sind online verfügbar auf www.Sul24.net

more @ click SIK07456