Überspannungschutzkonzept und Ableiter-Koordination

Sowohl beim Überspannungsschutz der Stromversorgung als auch der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR) kommt der Koordination von Überspannungsableitern eine wachsende Bedeutung zu. Die Koordination beschreibt das aufeinander abgestimmte Absorbieren eines Stoßstroms entsprechend der Ableitfähigkeit des Überspannungsschutzgeräts.

Schutzkonzept für den MSR-Bereich

Die zunehmende Komplexität der Anlagen sowie die Anforderung an Planungsbüros und Anlagenerrichter, Kosten weiter zu reduzieren, erfordern konsequent durchdachte Schutzkonzepte. Die Koordination bei Blitzstrom- und Überspannungsableitern für die Stromversorgung ist Stand der Technik. Diese realisieren getriggerte Ableiter mit Hilfe integrierter Elektronik. Eine Abstimmung der Schutzgeräte über die sie verbindende Leitungslänge ist nicht mehr notwendig.

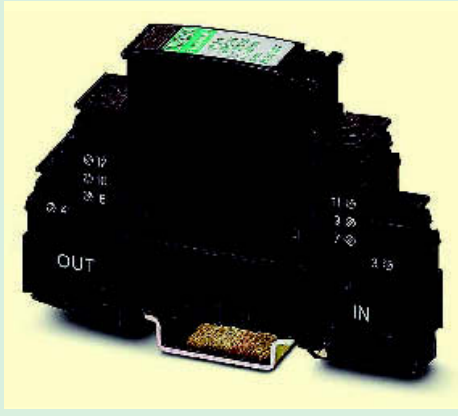
Das Schutzzonenkonzept, das für die Stromversorgung angewendet wird, kann im Prinzip auch für den Schutz der Signalleitungen im MSR-Bereich eingesetzt werden. Jeweils beim Übergang von einer Schutzzone in die nächste müssen Ableiter installiert werden. Auf diese Weise wird verhindert, dass Überspannungen einen respektive mehrere Anlagenteile oder MSR-Kreise beschädigen oder beeinträchtigten. Erst ein lückenloses Schutzkonzept kann die empfindlichen Mess- und Signalkreise wirkungsvoll absichern.

In der praktischen Umsetzung stellt sich die Frage, wie die verschiedenen Ableiter zum Schutz der MSR-Kreise zu koordinieren sind. Die Antwort wird im Folgenden am Beispiel einer Kombination aus einem Grobschutzableiter, wie den Plugtrab PT 2-F von Phoenix Contact, sowie einem Feinschutzableiter wie den PT 2x1-24AC erläutert (Bild ❶).

Koordination gasgefüllter Ableiter

In dem gewählten Beispiel basieren beide Schutzgeräte auf gasgefüllten Überspannungsableitern (ÜsAg). Sie haben damit zwar ein ähnliches Ansprechverhalten, aber je nach Impulsform eine unterschiedliche Ableitfähigkeit. Aus diesem Grund muss eine Koordination sichergestellt werden, um den „schwächeren“ Baustein nicht zu überlasten. Die Suppressordiode im Überspannungsableiter PT 2x1 ist durch eine interne Verschaltung hinreichend vom Grobschutzelement entkoppelt, so dass hier lediglich die beiden ÜsAg koordiniert werden müssen.

Der Einfluss der verbindenden Leitungslänge auf den Schutzpegel ergibt sich aus der Betrachtung des Stromverlaufs sowie der Begrenzungsspannung als Reaktion auf einen Prüfimpuls (Bild ❷). Ein zusätzlich installierter Grobschutzableiter sorgt dafür, dass der Feinschutz nicht alleine die gesamte Leistung des Störimpulses umsetzen muss. Beispielsweise muss der Überspannungsableiter PT 2x1 alleine einen Ableitstoßstrom von



❶ Überspannungsschutzgerät Plugtrab PT 2x1 mit gasgefülltem Ableiter und Suppressordiode

500 A bewältigen, wenn man einen Hybridimpuls gemäß der Norm IEC 61000-4-5 zu Grunde legt. Mit vorgeschaltetem Grobschutzableiter und bei einer Leitungslänge von 1 m reduziert sich der Stromimpuls am Feinschutzgerät auf 125 A, wobei der Schutzpegel respektive die Restspannung am Endgerät nahezu gleich bleibt. Labortests zeigen, dass sich mit der Leitungslänge im Wesentlichen nur die Stromaufteilung verändert, während der Schutzpegel fast ausschließlich vom Feinschutzableiter bestimmt wird. Zusammengefasst bedeutet dies, dass verschiedene Schutzelemente mit ähnlichem Ansprechverhalten wie zwei ÜsAg eine Koordination mit relativ geringen Leitungslängen zulassen. Für Überspannungsschutzgeräte mit unterschiedlichen Ansprechspannungen oder Leistungen, beispielsweise bei einer Kombination aus ÜsAg und Suppressordiode, sind dagegen für die Koordination erheblich größere Leitungslängen erforderlich.

Koordination ungleicher Ableiter

Welche Leitungslänge für die Koordination unterschiedlicher Ableiter notwendig ist, verdeutlicht das folgende Beispiel: Die erste Schutzstufe soll aus einem Überspannungsableiter bestehen, der nur einen ÜsAg enthält, wie zum Beispiel die Reihenklemme mit integriertem Überspannungsschutz Termitrab TT-STTB-F-PE (Bild ❸). Sie hat bei 1 kV/µs eine Ausgangsspannungsbegrenzung von 650 V. Nachgeschaltet wird eine zweite Reihenklemme mit einer Suppressordiode als Feinschutz. Für die folgende Betrachtung wurde die Reihenklemme TT–STTB-48 mit einer Ansprechspannung von 100 V gewählt.

Die erforderliche Leitungsinduktivität ermittelt sich in Abhängigkeit von der Stromanstiegszeit sowie der Begrenzungsspannung des Feinschutzelements. Dabei muss der Spannungsfall auf der Leitung zusammen mit der Begrenzungsspannung ein Ansprechen des Grobschutzes sicherstellen. Der ohmsche Widerstand der Leitung wird hier vernachlässigt.

$$I_{\text{Hybridgenerator}} = \frac{U_0}{R} = \frac{1\ \text{kV}}{40\ \Omega} = 25\ \text{A}$$

$$L = \frac{U}{\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}} = \frac{650\ \text{V} - 100\ \text{V}}{\frac{25\ \text{A}}{\mu\text{s}}} = 22\ \mu\text{H}$$

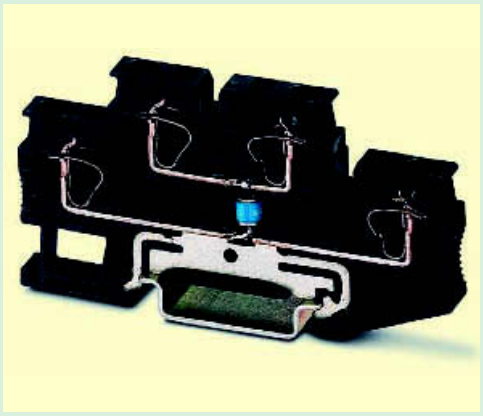
L = Induktivität
U = Spannungsfall über der Leitung
U_0 = Generatorspannung
R = Generatorinnenwiderstand
dI/dt = Stromanstieg

Eine spezifische Leitungsinduktivität von 1 µH/m vorausgesetzt, ergibt sich somit eine notwendige Gesamtleitungslänge (Hin- und Rückleiter) zwischen ÜsAg und Suppressordiode von 22 m bei einer Impulsform von 1 kV/µs. Dies ist zunächst nur eine grobe Annäherung, ohne dass die tatsächlichen Leitungsparameter sowie die Art der Leitungsverlegung berücksichtigt wurden. In der Praxis werden sich in der Regel geringere Leitungslängen ergeben. Bei verdrillten Leitungen ist die wirksame Induktivität kleiner. Das wirkt sich im Wesentlichen auf die Leitungslänge bei symmetrischen Schnittstellen mit Twisted-Pair-Verkabelung aus.

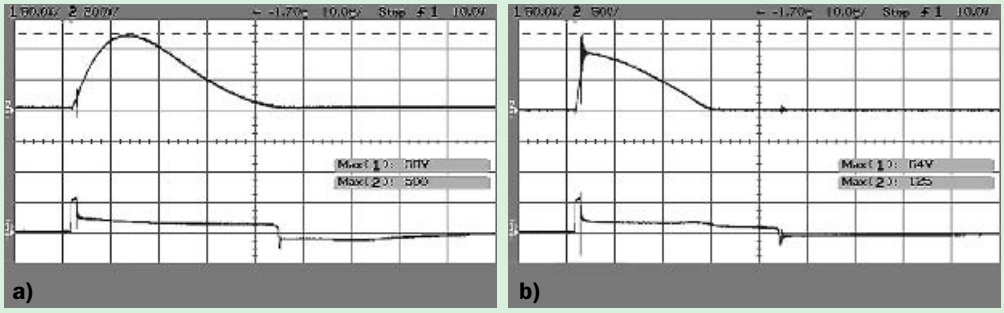
Fazit

Die Unterschiede bei der Koordination von Ableitern bestehen vornehmlich in den Bauelementen, die sich im Überspannungsschutzgerät befinden. Die Koordination von Ableitern mit gleichen Schutzbausteinen respektive ähnlichem Ansprechverhalten ist auf kleinem Raum möglich. Dabei sollte beachtet werden, dass Transienten bereits am Gebäudeeingang oder beim Schutzzonenübergang abgeleitet werden und nicht erst direkt vor dem Endgerät. Die Gefahr, dass Transienten in ungeschützte Leitungen einkoppeln, rechtfertigt den Einsatz von mehreren Ableitern. Ein Aufbau mit verschiedenen einstufigen Ableitern erfordert für die Koordination zusätzlichen Installationsaufwand oder besonders aufeinander zugeschnittene Schutzgeräte.

F.-E. Brand, C. Wendt



❸ Reihenklemme Termitrab TT-STTB-F-PE
Fotos: Phoenix Contact



❷ Stromimpuls (obere Kurven) und Schutzpegel eines Überspannungsableiters ohne (a) sowie mit (b) vorgeschaltetem Grobschutzelement.
Max (1) ist die maximale Spannungsbelastung für das Endgerät,
Max (2) der maximale Strom in A für den Ableiter