

Schutz kathodisch geschützter Rohrleitungen vor Überspannungen unter dem besonderen Aspekt der Datenfernüberwachung

Autoren: Dipl. Ing. (FH) Klaus Riegel, Ing. Robert Grischany, Leutron GmbH, Germany

Abstract

Mit der permanenten Verbesserung der Qualität der Umhüllung sowie der Verlegequalität der Stahlrohrleitungen steigt deren Sensibilität gegenüber dem induktiven Eintrag von Wechselspannungen. Dieses Risiko wird durch die Forderung der Bündelung von Energieträgern in Energietransporttrassen weiter erhöht.

Neben der Gefährdung des Wartungspersonals, der Erhöhung der Korrosionsgefährdung erhöht sich auch die Gefahr der Zerstörung sensibler elektronischer Ausrüstungen der Datenfernüberwachung des KKS durch Blitzschlag und induzierte Wechselspannungen.

Im Beitrag wird ein generelles Konzept zur Reduzierung induzierter Wechselspannungen und Anwendung eines wirkungsvollen Blitzschutzpotenzialausgleichs vorgestellt.

Einen Schwerpunkt bildet dabei der umfassende komplexe Schutz von KKS-Schutzanlagen sowie der Datenfernüberwachungsausrüstungen gegen Überspannungen.

Vorwort:

In den letzten zehn Jahren ist eine sehr positive Entwicklung bei der Errichtung von Leitungen für Erdgas, Öl und andere Produkte zu verzeichnen. Der jetzt erreichte Qualitätsstandard bei der Errichtung solcher Leitungen ist auf vier wesentliche Punkte zurück zu führen.

- die Verbesserung der Umhüllungswerkstoffe und deren Applikation
- der qualitätsgerechten Ausführung der Nachumhüllung auf den Baustellen
- der exakten Anwendung neuer Messmethoden zum Nachweis der Umhüllungsqualität
- sowie der Entwicklung neuer Messtechnik

Bei den derzeit von den Betreibern geforderten Umhüllungswiderständen von $R_{Co} > 1 \cdot 10^8 \Omega \cdot m^2$ kann diese

Leitung als umhüllungsfehlstellenfrei eingeschätzt werden. Mit der staatlichen Forderung alle Energieträger in gemeinsamen Trassen zu verlegen, entstehen für den Kathodischen Korrosionsschutz (KKS) neue Herausforderungen, die durch technische Maßnahmen gelöst werden müssen.

Durch die Installation von Fernüberwachungseinrichtungen wurden sowohl die Kontrolle der Funktion, als auch der Nachweis der Wirksamkeit des KKS ermöglicht (GW16)¹⁾.

Diese sehr positive Entwicklung des Korrosionsschutzes von Stahlrohrleitungen trägt aber das Problem der Beeinflussung und Gefährdung durch Wechsellspannungen in sich. Eine weitere Gefährdung für Personal und Leitungssystem entsteht durch Überspannungen, hervorgerufen durch Blitzeinschläge.

Durch Recherchen bei Betreibern von Rohrleitungsnetzen konnten wir feststellen, dass es jährlich in einer Größenordnung von ca. 4-5% an Schäden durch Überspannungen an Fernüberwachungssystemen (Sensoren und auch Netzteilen) kommt. Diese Schäden entstanden trotz vorhandener konventioneller Erdungseinrichtungen und installierter Überspannungsschutzeinrichtungen.

Zur Vermeidung dieser Gefährdungen, Verhinderung der Schäden und Senkung der Kosten für Reparatur und Systemausfall wandten wir uns Spezialisten für dieses Problem zu. Unter Beachtung technischer Standards des KKS, wie der CEN-TS 15280²⁾, den Empfehlungen AfK 3³⁾ und AfK11⁴⁾ der Arbeitsgemeinschaft für Korrosionsschutzfragen, konnte ein komplexes Schutzkonzept für kathodisch geschützte Leitungen entwickelt und umgesetzt werden. Im nachstehenden Beitrag wollen die Autoren dieses Schutzkonzept vorstellen.

Inhalt:

- 1. Das SEP-Prinzip®**
- 2. Konzept für den optimalen Blitz- und Überspannungsschutz eines KKS-Systems**
- 3. Maßnahmen zur Reduzierung induzierter Wechsellspannungen**
- 4. Schutz des Wartungspersonals vor gefährlichen Überspannungen bei Blitzeinschlag**
- 5. Praktische Umsetzung Blitz- und Überspannungsschutz der KKS-Anlage**
 - 5.1. Schutz des KKS-Gleichrichter-Anodenausgangs**
 - 5.2. Schutz des KKS-Gleichrichter-Eingangs, Bezugslektrode**
 - 5.3. Schutz der 230/400V, 50Hz-Stromversorgung**
- 6. Schutz von Fernübertragungseinrichtungen über Funk oder GSM-Verbindungen**
- 8. Schlussbemerkung**

1. Das SEP-Prinzip®

Herkömmliche Schutzkonzepte und deren Umsetzung durch die aktuelle Installationspraxis erzeugen Installations- bzw. Induktionsschleifen und gefährliche Potenzialunterschiede.

Hinter dem „SEP-Prinzip®“ steckt eine einfache Idee: Für jeden zu schützenden Bereich – das kann beispielsweise ein Gerät, ein Raum oder eine bestimmte elektrotechnische Anlage sein – wird ein zentraler Punkt festgelegt. An dieser Stelle, dem Single Entry Point (SEP), werden alle Netz- und Datenleitungen gemeinsam in das zu schützende Volumen eingeführt. Hier wird der Überspannungsschutz installiert und nur von hier gibt es eine einzige normgerechte Verbindung zur Potenzialausgleichsschiene. Es werden Schutzinseln gebildet, deren Größe durch den Planer, Installateur bzw. den Betreiber festgelegt werden.

Weitere Erdungen oder Verbindungen zum äußeren Erdungssystem sind nicht erlaubt, um Erdschleifen zu vermeiden. Die Schutzinseln müssen derart gestaltet werden, dass Näherungen zum äußeren Blitzschutz ausgeschlossen werden können (DIN EN 62305-3).

Durch diese Lösung lassen sich alle leitungsgebundenen Störungen an einem Punkt beherrschen und es kommt nicht mehr zu unkontrollierbaren Verschleppungen von gefährlichen Potenzialdifferenzen und Einkopplungen. Durch die nach SEP-Prinzip® vorgeschriebene baum- oder kammartige Verkabelung werden Induktivitätsschleifen innerhalb des geschützten Raumes minimiert.

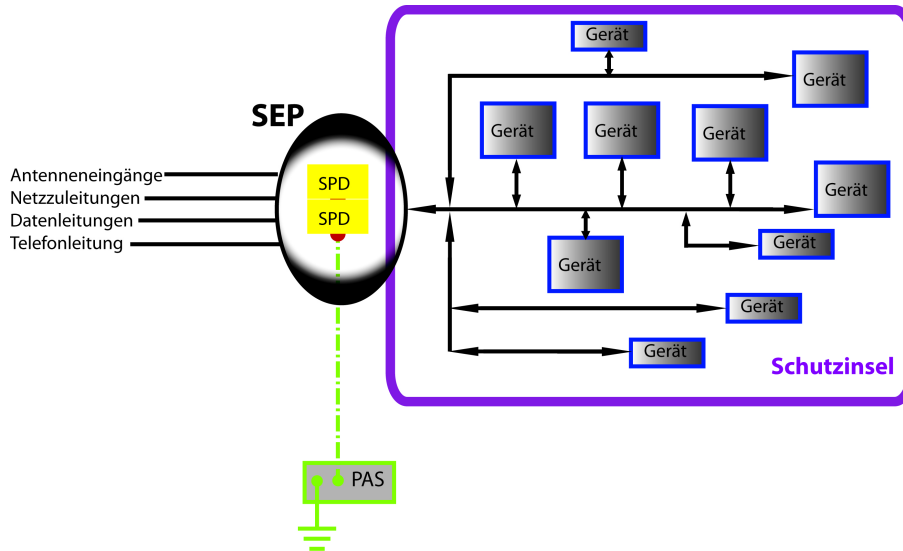


Bild: Baumartige Verkabelung

2. Konzept für den optimalen Blitz- und Überspannungsschutz eines KKS-Systems

Das Ziel des Konzepts ist es, Gefährdungen von Servicepersonal zu vermeiden, die Schäden zu verhindern und die Kosten für Reparaturen zu senken. Konsequente praktische Umsetzung des SEP-Prinzips:

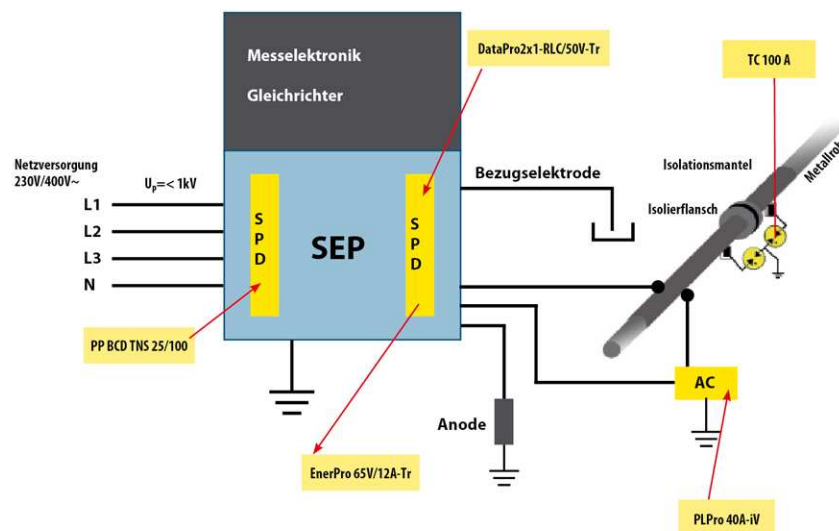


Bild: Grafik KKS-Einrichtung nach dem SEP-Prinzip

Generell ist zu beachten:

ALLE in eine Struktur (Gebäude, Kasten, Container, KKS Anlage usw.) führenden metallischen elektrischen Leitungen müssen gegen Überspannungen geschützt werden. Wenn nur eine Leitung ungeschützt bleibt ist der für die anderen Leitungen installierte Überspannungsschutz wirkungslos, da eine von der ungeschützten Leitung ausgehende Überspannung in die anderen bereits geschützten Leitungen induziert wird und es zu Fehlfunktionen und großen Beschädigungen von elektrischen und elektronischen Anlagenteilen kommen kann.

- Alle elektrischen Leitungen und eventuell Antennenleitung werden zum Hauptanschlusspunkt nahe der Potenzialausgleichschiene geführt.
- Dort sind auf einer Hutschiene blitzstromfeste Überspannungsableiter (SPD) für alle metallischen elektrischen Leitungen zu installieren und mit nur einer gemeinsamen Erdleitung an der Potenzialausgleichschiene zu erden. Dies ist der SEP-Punkt (Single-Entry-Point).



Bild: VC-Austria / Leutron Installation mit ungeschütztem und geschütztem Bereich nach dem SEP-Prinzip®

- Am SEP (Single Entry Point) findet die Trennung zwischen ungeschützter und geschützter Seite statt. Die geschützte Seite ist die Schutzinsel, deren Größe durch den Betreiber festgelegt werden kann.
- Diese Schutzinseln müssen isoliert vom Gebäudepotenzial sein, damit bei Ansprechen der SPDs die ganze Schutzinsel im Potenzial angehoben wird, so dass keine gefährliche Potentialdifferenzen entstehen können (schwimmendes Potenzial). Zweiterden innerhalb der Schutzinsel sind unbedingt zu vermeiden. Eine Person, die mit dem Erdpotenzial verbunden ist und einen

geerdeten Metallteil (Gerätegehäuse) bei Überspannung berührt, ist über Schutzerde und FI-Schalter geschützt.

- Verdrahtungen in Schaltschränken, Boxen, usw. sind baum- oder kammartig vorzunehmen, um Induktionsschleifen klein zu halten.
- Leitungsloops und zusammengerollte Leitungen im Installationsbereich sind unbedingt zu vermeiden, ebenso die Einführung einer ungeschützten Leitung in die Schutzinsel.

3. Maßnahmen zur Reduzierung induzierter Wechselfspannungen

Nach Ermittlung der durch Wechselstrom gefährdeten Anlagenpunkte im kathodisch geschützten Bereich durch umfangreiche Messungen wird zwischen metallischer Rohrleitung (z. B. ummanteltes Hochdruckstahlrohr) und niederohmigem Tiefen- oder sternförmigem Flächenerder ($r_a < 9 \text{ Ohm}$, worst case max. 19 Ohm) ein wartungsfreier, 100 kA (10/350 μs) Blitzstrom geschützter Wechselstromableiter (PLPro-40A) mit oberirdisch, in einem wetterfesten einbruchssicheren Schutzgehäuse eingebaut.



Bild: SWISSGAS / Trasse LAX
PLPro-40A 1. Generation



Bild: VC-Austria / Leutron
PLPro-40A, 2. Generation



3. Generation (PLPro-40iV)

Die Überwachung des abgeleiteten Wechselstromes kann erfolgen durch:

- Lokale Analoganzeige (Amperemeter)
- Fernübertragung über Kupfer oder Glasfaserleitungen
- Fernübertragung durch Funk oder über GSM-Verbindung

Um eine Analoganzeige vor Ort zu ermöglichen, kann optional ein Amperemessgerät vorgesehen werden.

Bei drahtloser Fernübertragung wird am analogen Messausgang des Wechselstromableiters ein Shunt angeschlossen, um die für die drahtlose Fernübertragung benötigten 0-100 mV zu generieren.

Damit es bei Blitzschlag im Rohrleitungsbereich und induktiver Beeinflussung (Radius bis ca. 2 km) zu keiner Beschädigung des Wechselstromableiters und zur Gefährdung von Servicepersonal durch gefährliche Potenzialdifferenzen kommen kann, ist es unabdingbar für diesen Anwendungsfall zur Überbrückung des Wechselstromableiters speziell entwickelte Edelgas gefüllte 100 kA (10/350 μs) blitzstromtragfähige

Trennfunkstrecken mit möglichst niedriger Ansprechspannung (z. B. von ca. 60 V bis ca. 80 V Wechselspannung) anzuwenden.

Es kann aber auch vorkommen, dass die induzierte Wechselspannung beim Einbauort des Wechselstromableiters temporär, oder über einen längeren Zeitraum, über 50 V oder > 65 V liegen kann, also über der statischen Zündspannung einer Niedrigvolt-Trennfunkstrecke liegen kann, wodurch der Einsatz einer Funkenstecke mit höherer Ansprechspannung notwendig wird [z. B. Leutron TSF 500].

Solche Bedingungen treten sehr selten auf, besonders in engen Tallagen wo sowohl Hochspannungstrassen als auch stark ansteigende Wechselstrom-Bahntrassen sehr nahe parallel zu erdverlegten Gas-Pipelines verlaufen. Bei der SWISSGAS wurden an solchen wenigen Stellen bis zu 160 A temporäre Ableitwechselströme gemessen.

Wartungsfreier Wechselstromableiter auf Basis von Long-Life Hochleistungskondensatoren



Bild: VC-Austria / Leutron....PLPro-40A, 3.Generation, mit 40A Wechselstromableitvermögen, mit Mess-Shunt

Dass Kondensatoren Gleichstrom sperren und Wechselstrom durchlassen ist in KKS-Kreisen seit Langem bekannt. Aber lange war deren Anwendung nicht ausreichend zuverlässig, da diese durch energiereiche Überspannungen leicht beschädigt werden konnten. Nur durch die Entwicklung eines ausreichend dimensionierten Blitzschutz und Überspannungsf einschutzes war es möglich, solche Kondensatoren, das Herz wartungsfreier Wechselstromableiter, dauerhaft zu schützen und deren störungsfreie Funktion für viele Jahre zu gewährleisten. Mittlerweile, während der letzten 12 Jahre, sind solche einfach und zweckmäßig aufgebaute Wechselstromableiter wie z. B. PLPro-40A von Leutron bereits störungsfrei im Einsatz und inzwischen so ausgereift, dass von einer störungsfreien Wechselstrom-Ableitfunktion von mehr als 15 Jahren ausgegangen werden kann.

4. Schutz des Wartungspersonals vor gefährlichen Überspannungen bei Blitzeinschlag

Besondere Berührungsfahr besteht bei Blitzeinschlag in der Nähe einer Rohrleitung oder direkt in diese. Damit keine gefährliche Differenzspannung entsteht muss kurzzeitig ein automatischer Blitzschutzpotenzialausgleich zwischen allen spannungs- und nicht spannungsführenden metallischen Anlagenteilen und Erdpotenzial erfolgen.

In erster Linie betrifft das hier die Überbrückung (Potenzialausgleich) der KKS-Isolierflansche. Diese müssen nach Norm AfK 3 einer Stoßspannung von 5 kV widerstehen können. Bei einem Blitzschlag entstehen aber weit höhere Spannungen zwischen den beiden Flanschteilen. Um einer Zerstörung der Isolation vorzubeugen wird der KKS-Isolierflansch mit einer Edelgas gefüllten Blitzstrom tragfähigen Trennfunkkenstrecke überbrückt, die den Blitzschutzpotenzialausgleich so rasch wie möglich durchführen soll.

Um das an der Pipeline arbeitende Service-Personal aber nicht zu gefährden, muss diese Funkenstrecke bereits bei niedriger Überspannung zuverlässig ansprechen und bei Überlastung über ein integriertes Fail-Safe-Verhalten dauerhaft kurzschließen.

Luft gefüllte Funkenstrecken, die meist über kein Fail-Safe-Verhalten verfügen, haben eine sehr hohe Ansprechspannung – viel zu hoch, um das Service-Personal an der Rohrleitung gegen elektrischen Schlag zu schützen. Besonders wenn der Flansch nur mit einer Funkenstrecke überbrückt wird.

Setzt man jedoch zwei Funkenstrecken ein, erhält man eine Mittelanzapfung, wo man eine lokale Erdableitung ohne Beeinträchtigung der KKS-Funktion erfolgen kann. Damit bleibt der Blitzeinschlag auf einen KKS-Sektor begrenzt und kann sich nicht über mehrere Flansche bis hin zur Stationserdung fortpflanzen.

Einen ausreichenden Schutz der Flanschisolierung und Personalschutz bieten nur Edelgas gefüllte Trennfunkkenstrecken mit möglichst niedriger Ansprechspannung (wie z .B. Leutron ATEX-Typ TC 100A oder SGO 70 QA mit integrierten Anschlusskabel bei Erdverlegung).

5. Praktische Umsetzung Blitz- und Überspannungsschutz der KKS-Anlage

5.1. Schutz des KKS-Gleichrichter-Anodenausgangs

Ein KKS-Gleichrichter ist durch Blitzeinschläge im Umfeld besonders gefährdet. Am SEP wird daher zum Schutz des Anodenausgangs des Gleichrichters der mehrstufige, leckstromfreie Überspannungsableiter Leutron EP 65V/12A-Tr eingesetzt.

5.2. Schutz des KKS-Gleichrichter-Eingang, Bezugselektrode

Hierfür wird am SEP der mehrstufige Überspannungsableiter Leutron DataPro 2x1-RLC/50V-Tr eingesetzt.

5.3. Schutz der 230/400V 50Hz-Stromversorgung

Überspannungen durch nahe Blitzeinschläge kommen besonders über Anschlussleitungen (transiente Längsspannung) und/oder über die Potenzialausgleichsschiene (Erdpotentialanhebung) in die elektrische Anlage und verursachen gefährliche Potentialdifferenzen und Blitzstoßströme.

Daher ist es wichtig, dieser Gefahr durch Installation eines blitzstromtragfähigen SPDs vom Typ 1+2+3 entgegenzuwirken. Dabei ist auf einen besonders niedrigen Spannungsschutzpegel (< 1kV) (bei 100% Blitzstoßstrom limp) zu achten, damit alle sich in der Nähe befindlichen Netze abwärts installierten 230V/400V, 50-Hz-Geräte mit geschützt sind und weitere Schutzgeräte eingespart werden können. Um die KKS-Funktion nicht zu stören, muss ein solcher Kombi-Ableiter absolut leckstromfrei und somit ohne Varistoren sein. Kontrollanzeigen, die zwar nur geringen Leckstrom verursachen können, sind wegen des KKS absolut zu vermeiden Wenn der Bedarf nach einer Fernüberwachung besteht, ist eine SPD mit potenzialfreiem thermischen Fernmeldekontakt einzusetzen z.B. Leutron PowerPro BCD TNS oder TT 25/100 /FM.

6. Schutz von Fernübertragungseinrichtungen über Funk oder GSM-Verbindungen

Fernübertragungseinrichtungen sind ein wichtiger Bestandteil einer KKS-Anlage, um zentral von einer Warte aus, die einwandfreie Funktion zu überwachen und wenn notwendig, sofort Wartungspersonal entsenden zu können.

Ohne Fernüberwachung würde ein Fehler zu spät erkannt werden und die Korrosion könnte schon einen bedrohlichen Fortschritt gemacht haben. Auch sind die Personalkosten viel zu hoch, um regelmäßig eine Menge Servicepersonal einzusetzen, nur um die Funktion der KKS-Anlage ständig zu kontrollieren.

Nicht nur der kathodische Schutzstrom wird mittels Fernübertragung überwacht, sondern auch die Funktion eines jeden installierten Wechselstromableiters. Daher ist es wichtig, sowohl die Stromversorgung der

Daten-Fernübertragungseinrichtung (DFÜ) und eine eventuell von außen kommende Antennenleitung am SEP zu schützen.

Es muss ein mehrstufiger Netzschutz nach benötigter Betriebsspannung und -stärke ausgewählt werden. Für die von außen kommende Antennenleitung wird als Schutz der DataPro-GSM je nach Anschlusskonnektor eingesetzt. Antennen im geschützten Bereich benötigen keinen separaten Überspannungsschutz.

Beispiele eines optimalen Überspannungsschutzes von KKS-Anlagen



Bilder: Leutron / Anlage Mosigkau



7. Schlussbemerkung

An besonders blitzgefährdeten Schutzanlagen wurden nach Abänderung der Installation entsprechend SEP-Prinzip®, keine Schäden an den Einrichtungen festgestellt. Lediglich in einem Fall wurde eine Trennfunkkenstrecke zerstört, sie hatte ihre Aufgabe erfüllt und den Schutz der KKS-Anlage durchgeführt.

Literatur:

1) Technische Regeln Arbeitsblatt GW 16

Fernüberwachung des kathodischen Korrosionsschutzes (Dezember 2005)

2) TECHNISCHE SPEZIFIKATION CEN/TS 15280

Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom an erdverlegten Rohrleitungen - Anwendung für kathodisch geschützte Rohrleitungen

3) AfK-Empfehlung Nr. 3

Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen

und Wechselstrom-Bahnanlagen

4) AfK-Empfehlung Nr. 11

Beurteilung der Korrosionsgefährdung durch Wechselstrom bei kathodisch geschützten Stahlrohrleitungen und Schutzmaßnahmen

5) H. Zitzmann: Kombination von Blitzschutzkonzept und SEP-Prinzip®.
Elektropraktiker ep, Heft 12, 2003

6) H. Zitzmann: Überspannungsschutz nach dem SEP-Prinzip®.
de Heft 11/2000

7) H. Zitzmann, R. Linder: Kombinationskonzept – Blitzschutzkonzept und SEP-Prinzip®
kombiniert, Tagungsband der 5. EMV-Tagung, Stuttgart März 2011