



Erstellt für:
Roxtec Ltd

Wirkungen von Feuchtigkeit in Umspannwerken

Autor: Tony Byrne

Bericht Nr.: 8 4 6 0 0

Januar 2013

www.eatechnology.com

Delivering Innovation in Power Engineering

Projekt Nr.: 84600

Wirkungen von Feuchtigkeit in Umspannwerken

VERTRAULICH - Dieses Dokument darf keiner anderen Person zugänglich gemacht als dem bestimmungsgemäßen Empfänger oder einer angemessen bevollmächtigten Person im Unternehmen oder der Organisation des Empfängers. Es darf auch nur soweit zugänglich gemacht werden, wie es für die Zwecke des Empfängers erforderlich ist, die vertraglich beschränkt werden können. Alle Personen, denen das Dokument oder ein Teil davon zugänglich gemacht wird, müssen diesen Hinweis beachten. Ein Verstoß gegen diesen Hinweis kann bei der EATL oder anderen, die mit dem Empfänger vertraglich verbunden sind, zu Verlusten oder Schäden führen, für die der Empfänger haftbar gemacht wird.

Bei der Erstellung des Berichts wurde mit Umsicht vorgegangen. Aber alle Ratschläge, Analysen, Berechnungen, Informationen, Prognosen und Empfehlungen dienen der Unterstützung des betreffenden Kunden und gelten nicht als autoritativ oder als Ersatz für eine Beurteilung durch diesen Kunden oder einen anderen Leser. Weder EA Technology Ltd. noch die mit der Erstellung des Berichts befassten Mitarbeiter sind in irgendeiner Form haftbar für direkte Schäden oder Folgeschäden, die aus der Nutzung dieses Berichts oder seines Inhalts entstehen, und es wird keine Garantie oder Darstellung (explizit oder implizit) gegeben für die Qualität oder Eignung zum Zwecke irgendeines Prozesses, Materials, Produkts oder Systems, auf die im Bericht Bezug genommen wird.

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf reproduziert oder übermittelt werden in irgendeiner Form oder mit beliebigen Mitteln (elektronisch, mechanisch, per Fotokopie, aufgezeichnet oder sonst wie) oder gespeichert werden in einem Retrieval-System beliebiger Art, ohne dass eine schriftliche Genehmigung des Inhabers des Copyrights vorliegt.

© EA Technology Ltd Januar 2013

EA Technology Limited, Capenhurst Technology Park, Capenhurst, Chester, CH1 6ES; Tel.: 0151 339 4181 Fax: 0151 347 2404
<http://www.eatechnology.com>

Registriert in England unter der Nummer 2566313

Wirkungen von Feuchtigkeit in Umspannwerken

von

Tony Byrne

Zusammenfassung

Roxtec Ltd bat EA Technology Ltd, einen Bericht über die Ursachen und Wirkungen von Feuchtigkeit innerhalb von Innenraumstationen und über die Methoden der Verbesserung dieser Faktoren zu erstellen.

Dieser Bericht erläutert kurz relative Luftfeuchte und teilweise Entladung und die Wirkung von hoher relative Luftfeuchte auf den Beginn oder das Niveau einer teilweisen Entladung.

Der Bericht umfasst die Umgebungsfaktoren bei den Design-Standards von Schaltanlagen und die Literatur des Herstellers.

Der Bericht umfasst Best Practices für das Design von Umspannwerken und interner Umgebungskontrolle, die Faktoren, welche die Umgebung innerhalb eines Umspannwerks betreffen, und Methoden der Verbesserung dieser Faktoren.

Dieser Bericht zeigt, warum es äußerst wichtig ist, die Umgebung des Umspannwerks zu kontrollieren. Und dies kann erreicht werden, indem der Feuchtigkeitseintrag in die Umspannwerke minimiert wird und indem die Temperatur und Feuchtigkeit im Gebäude kontrolliert wird.

Inhalt

1	Einführung.....	6
2	Relative Luftfeuchte und Teilentladung.....	6
2.1	Beschreibung relativer Luftfeuchte	6
2.2	Wirkungen von Änderungen in Umgebungsbedingungen und betrieblichen Bedingungen..	8
2.2.1	Umgebungsbedingungen	8
2.2.2	Betriebliche Bedingungen.....	9
2.2.3	Wirkungen auf die Umgebung des Umspannwerks	9
2.3	Beschreibung der Teilentladung (PD) und wie diese zu Fehlfunktionen des Isoliersystems führt	9
2.3.1	Interne Entladung bei festen Isolationsmaterialien.....	9
2.3.2.	Oberflächenentladung	10
2.4	Wie hohe relative Luftfeuchte in Kombination mit anderen Kontaminationen zu einer Fehlfunktion der Isolation beiträgt	10
2.5	Wirkungen der Teilentladung	12
3	Schaltanlage - Spezifikation und Design	13
3.1	Umgebungsanforderungen in IEC-Standards.....	13
3.2	Umgebungsanforderungen in der Literatur des Herstellers.....	14
3.3	Anordnungen der Schaltanlage.....	15
3.3.1	Isolationsmaterialien	15
3.3.2	Kabeleinführungen und Anschlüsse.....	15
4	Transformatorräume und Erker	16
5	Folgen der Fehlfunktion von Ausrüstung.....	16
5.1	Netzwerk- / Anlagen-Ausfallkosten	16
5.2	Operative Kosten	17
5.3	Folgeschäden	17
5.4	Sicherheit	17
5.5	Reparatur oder Austausch	17
6	Umgebung des Umspannwerks	18
6.1	Eintrag von Feuchtigkeit in Umspannwerke	18
6.1.1	Struktur des Umspannwerks.....	18
6.1.2	Kabelrinnen und Kabeleinführungen	18
6.2	Wirkungen von hoher relativer Luftfeuchte innerhalb von Umspannwerken	18
7	Minderungsmaßnahmen	18
7.1	Best Practice für das Design neuer Umspannwerke	19

7.2 Techniken und Ausrüstung für das Aufrechterhalten der inneren Umgebung des Umspannwerks	19
7.2.1 Kontrolle der Umgebungsbedingungen im Schaltraum.....	20
7.2.2 Umgebungskontrolle für Schutz- und Kontroll-Ausrüstung.....	20
7.2.3 Kabeleinführungsstellen	21
7.3 Wartung	21
7.4 Überwachung der Schaltraumumgebung.....	21
7.5 Vorhandene Verbesserungen für Umspannwerke	22
8 Schlussfolgerungen	22
9 Genannte Unterlagen	22

1 Einführung

Roxtec ist sich der Möglichkeit eines Ausfalls der Ausrüstung bewusst, die aus hoher Feuchtigkeit bei Hochspannungs-Umspannwerken resultiert.

Roxtec Ltd bat EA Technology Ltd, einen Bericht über die Ursachen und Wirkungen von Feuchtigkeit innerhalb von Innenraumstationen (insbesondere Fehlfunktionen der Ausrüstungsisolierung wegen teilweiser Entladung) und über die Methoden der Verbesserung zu erstellen.

Dieser Bericht befasst sich mit relativer Luftfeuchte und die Wirkung, welche diese auf den Beginn oder das Niveau einer Teilentladung hat. Die Faktoren, welche die Umgebung innerhalb eines Umspannwerks betreffen, und die Methoden, diese Faktoren anzugehen, werden erörtert.

Best Practice für das Design von Umspannwerken und die interne Umgebungskontrolle wird erörtert.

2 Relative Luftfeuchte und Teilentladung

2.1 Beschreibung relativer Luftfeuchte

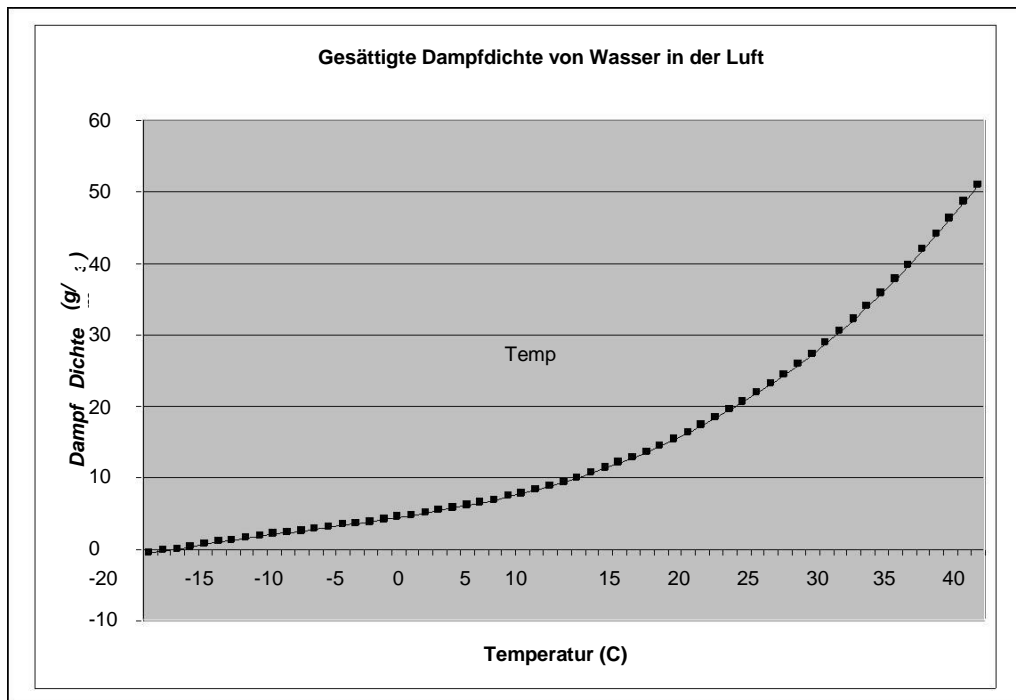
Das Folgende ist eine vereinfachte Beschreibung relativer Luftfeuchte und wie diese von Temperatur beeinflusst wird.

Die Menge des in der Luft enthaltenen Wassers hängt von Temperatur und Druck ab. Wenn die Luft die maximal mögliche Menge des Wassers enthält, wird sie als gesättigt bezeichnet.

Für den Zweck dieses Berichts wird angenommen, dass Umspannwerke nicht hermetisch abgedichtet sind, sodass der Luftdruck innerhalb und außerhalb des Umspannwerks und in der Konsequenz der gesamten Ausrüstung des Umspannwerks jederzeit gleich ist. Die Beschreibung der absoluten und relativen Luftfeuchte nimmt an, dass der Standardluftdruck (0°C und 1 Atmosphäre in Höhe des Meeresspiegels) für das Umspannwerk und seine Umgebung gilt. Deshalb kann der Luftdruck aus praktischen Gründen ignoriert werden.

Die Menge des Wassers in der Luft wird üblicherweise in Gramm pro Kubikmeter (g/m³) ausgedrückt. Die Kurve in Abbildung 1 zeigt, wie die gesättigte Dampfdichte des Wassers mit der Temperatur schwankt. Dies zeigt deutlich, dass mit höherer Temperatur eine größere Menge Wasser in der Luft gehalten werden kann.

Abbildung 1 Veränderung der gesättigten Dampfdichte der Luft



Der absolute Gehalt von Wasser in der Luft schwankt je nach Wetterbedingungen, z.B. Regen, Sonnenschein, Frost usw.

Die relative Luftfeuchte („relative humidity“ - RH) wird als Prozentsatz des gemessenen absoluten Gehalts von Wasser in der Luft im Vergleich zu dem Maximalwert des Wassers (gesättigt) ausgedrückt, den Luft bei derselben Temperatur aufnehmen kann.

Wenn die Temperatur fällt und der absolute Gehalt von Wasserdampf in der Luft unverändert bleibt, steigt die RH. Und umgekehrt: wenn die Temperatur steigt, nimmt die RH ab.

Der Taupunkt der Luft ist die Temperatur, auf welche die Luft abgekühlt werden muss, um gesättigt zu sein. Jede weitere Abkühlung oder der Kontakt der Luft mit einer kühleren Oberfläche bewirken, dass die Feuchtigkeit aus der Luft herauskondensiert.

Wenn weitere Informationen über Feuchtigkeit und ihre Messung benötigt werden, sollten die folgenden Standards herangezogen werden:

- BS 1339-1:2002 Feuchtigkeit. Begriffe, Definitionen und Formeln
- BS 1339-2:2009 Feuchtigkeit. Feuchtigkeitsberechnungsfunktionen, Tabellen und Bedienungsanleitung
- BS 1339-3:2004 Feuchtigkeit. Leitfaden zur Messung der Feuchtigkeit.

2.2 Wirkungen von Änderungen in Umgebungsbedingungen und betrieblichen Bedingungen

2.2.1 Umgebungsbedingungen

Die Umgebung im Inneren von Umspannwerken hängen in großem Umfang von den umgebenden äußeren Bedingungen und dem Typ der Baukonstruktion ab.

Sonneneinstrahlung erwärmt die äußeren Oberflächen der Struktur des Umspannwerks, und die internen Wirkungen hängen von der Wärmeleitfähigkeit der Materialien ab, die für den Bau verwendet wurden. Wände und Dächer aus Materialien mit niedriger Wärmeleitfähigkeit verringern die Temperaturvariationen im Inneren des Umspannwerks. Wände und Dächer aus Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit übertragen die Wärme während des Tages an das Innere des Umspannwerks, strahlen aber auch die Wärme bei Nacht ab, was zu hohen Temperaturunterschieden in dem Umspannwerk führt.

Aus Sicherheitsgründen werden für Umspannwerke häufig Metalltüren verwendet, und dies steigert wegen der höheren Wärmeleitfähigkeit den Effekt der Sonneneinstrahlung. Die Ausrichtung der Türen bezüglich der Sonne wirkt ebenfalls auf den Ertrag der Sonneneinstrahlung. Eine nach Osten gerichtete Tür wird beispielsweise von der aufgehenden Sonne erwärmt. Und an einem kalten Wintertag kann der Temperaturanstieg auf einer dunkel lackierten Metalltür erheblich sein. Diese Wärme wird an das Innere des Gebäudes übertragen, was zu Temperaturschwankungen in dem Raum führt.

Regenfall auf das Umspannwerk bewirkt eine interne Abkühlung durch die Wände, da das Wasser an den Wänden verdunstet. Schlecht gewartete Dächer, Dachrinnen, Fallrohre und Abflüsse verstärken die Wirkungen.

Wo es Kabelrinnen oder Keller gibt, muss der Höhe des Grundwasserspiegels und der Abflussrichtungen aus der Umgebung während starker Regenfälle Aufmerksamkeit geschenkt werden. Während die Abdichtung von Kabeleinführungen bei moderaten Bedingungen angemessen sein kann, kann der steigende Wasserdruck bei sich sättigendem Boden Lecks in unangemessenen oder falsch montierten Dichtungen hervorrufen. Schlechte Bauweise oder Materialien in der Struktur erlauben ebenfalls, dass Wasser in Kabelrinnen oder Keller eindringt.

Lokale Überschwemmungen sind ein offenkundiges Problem. Innerhalb des VK unterhält die Environment Agency¹ Karten mit dem Überschwemmungsrisiko, und es ist einfach, das Risiko für einen bestimmten Ort zu ermitteln. Der Besitzer muss feststellen, ob das Risiko der Überschwemmung und die Auswirkung auf das Geschäft akzeptabel sind. Ist dies nicht der Fall, sollten Maßnahmen zum Schutz des Umspannwerks ergriffen werden.

Die umgebende RH ändert sich ständig mit den lokalen Wetterbedingungen. Im VK liegt sie typischerweise zwischen 65 % und 95 %. Dies bedeutet, dass ohne eine Umgebungskontrolle die Luft im Inneren des Umspannwerks ein gleiches Niveau an RH haben wird.

¹ Website der Environment Agency: www.environment-agency.gov.uk

2.2.2 Betriebliche Bedingungen

Die elektrische Ladung von Ausrüstung erzeugt Wärme. Deshalb haben Änderungen bei dem Laststrom eine Auswirkung auf die Gesamttemperatur des Umspannwerks, obwohl diese offenkundig gering ist.

Die Auswirkung der Ladung in den Kabeln führt zu einer geringen Ausdehnung und Zusammenziehung. Der Übergang von Fehlerstrom kann erhebliche Bewegungen in den Kabeln verursachen. Diese Bewegungen haben eine Auswirkung auf Dichtungssysteme von Kabelkanälen und können schließlich zu einer Fehlfunktion der Dichtung führen.

Ausrüstung wie Batterien und die zugehörigen Ladegeräte, elektronische Bauteile in Schutz- und Steuerpulten, Computer usw., die üblicherweise in Umspannwerken installiert sind, erzeugen Wärme, die eine Auswirkung auf die Temperatur des Umspannwerks und deshalb auf die RH hat.

2.2.3 Wirkungen auf die Umgebung des Umspannwerks

Wassereintrag durch Wände oder schlecht angebrachte Türen und über nasse oder überschwemmte Kabelrinnen oder Keller erhöhen das Niveau des Wasserdampfs in der Luft.

Die Temperatur in einem geschlossenen Raum ist stets oben höher als am Boden. Die Menge des Wärmetransfers durch die Struktur des Umspannwerks und Wärme von der Ausrüstung bewirkt Temperaturänderungen im Inneren des Umspannwerks zusätzlich zu der Variation mit der Höhe.

Da die RH von der Temperatur abhängig ist, impliziert dies auch, dass die RH mit der Höhe und mit dem Abstand von Wärmequellen in dem Raum variiert. Die RH ist in den Bereichen - insbesondere am Raumboden - höher, wo die Temperatur niedriger ist.

2.3 Beschreibung der Teilentladung (PD) und wie diese zu Fehlfunktionen des Isoliersystems führt

Teilentladungen („partial discharges“ - PD) sind elektrische Entladungen, die im Inneren oder an der Oberfläche von elektrischen Isoliermaterialien auftreten und von Hochspannungsbelastungen des Isoliersystems verursacht werden, wenn die Ausrüstung unter Strom gesetzt wird.

PD führt zu fortschreitender Verschlechterung und spielt häufig einen erheblichen Teil bei folgenden Fehlfunktionen, sie betrifft alle Typen von Hochspannungsgütern, die kritisch für den Betrieb des Netzes sind, einschließlich von Schaltanlagen, Kabeln und Transformatoren.

Eine Teilentladung setzt Energie in folgenden Formen frei:

- Elektromagnetisch: Radiowellen, Licht, Hitze
- Akustisch: hörbar und Ultraschall
- Gase: Ozon, Lachgas.

Die praktischsten Techniken für das nicht-intrusive Testen basieren auf der Erkennung des Radiowellenanteils des elektromagnetischen Spektrums und der Ultraschallemissionen.

2.3.1 Interne Entladung bei festen Isolationsmaterialien

Bei allen Isolationsmaterialien, auch gut hergestellten, gibt es - oft mikroskopisch kleine - Fehlstellen. Bei der Benutzung werden diese Fehlstellen wie kleine Kondensatoren innerhalb des Spannungsfeldes aufgeladen, das an den Isolierstoff angelegt wird. Wenn sie ausreichend geladen sind, entladen sie sich mit einem kleinen Funken.

Diese Funken produzieren Hitze, Licht, Rauch, Geräusche und elektromagnetische Strahlung genauso wie eine Oberflächenentladung. Da dies aber tief in der Isolation eingebettet erfolgt, kann

nur die elektromagnetische Strahlung freigesetzt werden. Während dieses Prozesses erodiert die Isolation, wodurch die Fehlstellen größer, die Funken stärker und die Zersetzung schneller wird. Ferner tritt ein Karbonisieren der inneren Oberfläche auf, welche die Fehlstellen allmählich leitfähig macht. Dies erhöht die elektrische Belastung der folgenden Fehlstellen, und der Prozess verläuft kumulativ. Schließlich gibt es genügend leitfähige Fehlstellen in der Isolation, um eine Isolationsfehlfunktion zu verursachen.

2.3.2. Oberflächenentladung

Oberflächenentladungen tendieren dazu, zwischen Partikeln der Verschmutzung (besonders Staub) zu beginnen. Dies gilt insbesondere für Bedingungen von hoher Feuchtigkeit. Sie produzieren Hitze, Licht, Rauch, Geräusche, elektromagnetische Strahlung, Ozon und Stickstoffgase.

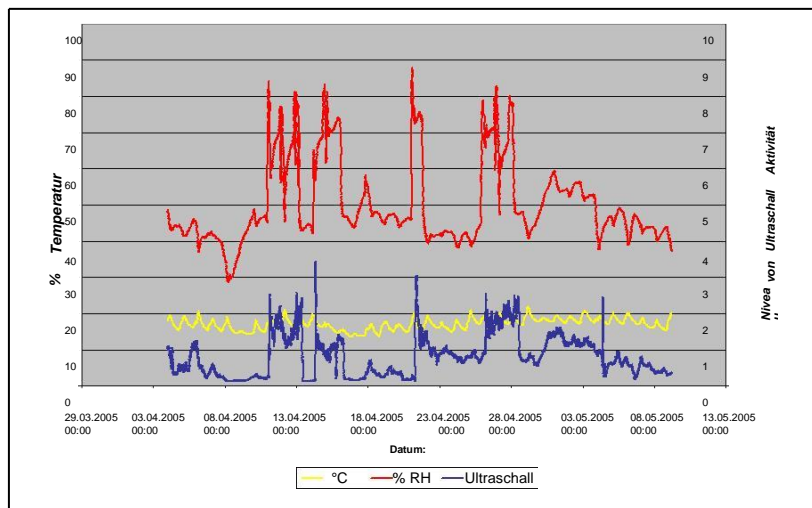
Oberflächenentladungen können zwischen Phase und Phase und Phase und Erde auftreten. In frühen Stadien tendiert die produzierte elektromagnetische Strahlung dazu, gering zu sein und führt nicht zu einer großen Signalaktivität im benachbarten Metallbereich. In den frühen Stadien dieses Zersetzungsprozesses werden Schallwellen im Ultraschallbereich produziert. Wenn die Oberflächenentladung auftritt, kombinieren sich die entstehenden Stickstoffgase mit der atmosphärischen Feuchtigkeit, und es entsteht Salpetersäure. Diese greift die Buchsenoberfläche an, sodass diese ein Substrat erzeugt, auf dem eine Kriechspur entstehen kann. Die beschädigte Oberfläche wird wegen des Karbonisierens durch die Zersetzung des Gusscharzes leitfähig. Dies setzt die elektrischen Abstände der Isolation herab und bewirkt, dass der PD-Prozess sich bis zu einem endlichen Überschlag beschleunigt. Die Säure greift auch den umgebenden Metallbau an, der charakteristischerweise rostig wird.

2.4 Wie hohe relative Luftfeuchte in Kombination mit anderen Kontaminationen zu einer Fehlfunktion der Isolation beiträgt

Von der EA Technology Ltd wurden Forschungen angestellt, um die Wirkungen einer variierenden RH auf dem Niveau der PD in der Schaltanlage zu ermitteln, die aus dem elektrischen Verteilernetz aufgrund von Problemen mit PD entfernt wurde. Dies zeigte, dass die RH eine Auswirkung auf die Niveaus der vorhandenen PD hat.

Abbildung 2 zeigt die Variation der PD mit der RH, und es kann abgelesen werden, dass es eine kurzfristige Korrelation zwischen der RH und dem Niveau der Entladung gibt.

Abbildung 2 Ergebnisse der Messung von PD und RH



(Quelle: EA Technology Report No T5853 (vertraulich))

Hohe RH ist bekannt dafür, die anfängliche Entwicklung der Teilentladung auf der Oberfläche von Isolationsmaterialien zu fördern. Der wichtigste Faktor ist, schnelle Variationen der Temperatur zu vermeiden, welche unter der Bedingung von hoher Feuchte unterhalb des Taupunkts fallen kann und so Kondensation erzeugt. Es ist auch bekannt, dass die Luft im Inneren einer leicht geladenen Schaltanlage dieselbe Temperatur und RH wie die umgebende Luft des Umspannwerks hat. Kondensation tritt deshalb innerhalb und außerhalb der Schaltanlage auf und führt zu einer Korrosion, die nicht erkennbar ist, bis eine invasive Wartung durchgeführt wird.

Die drei häufigsten Quellen von Feuchtigkeit innerhalb von Umspannwerken, die zum Beginn einer Teilentladung führen, sind:

- Umgebungsluft mit hoher Feuchtigkeit
- Wasserleckagen in das Umspannwerk
- Wasser in Kabelrinnen (Abbild 3).

Abbildung 3 - Überschwemmte Kabelrinne



Staub kann eine Teilentladung verursachen, wenn er in beträchtlichen Mengen in allen Räumen des

Umspannwerks gefunden wird. Wo möglich, sollten Kammern für Schaltanlage darauf ausgelegt sein, Kontaminationen innerhalb verschiedener Kammern zu vermeiden. Vorsichtsmaßnahmen sollten ergriffen werden, um den Eintrag von Kontaminationen über folgende Wege zu vermeiden:

- Öffnungen in Wänden
- Kabeleinführungsstellen durch Wände und Dächer, die nicht abgedichtet sind
- Kanaleingänge zu Kabelrinnen und Kellern
- Hauptleitungseinführungsstellen durch Wände, die nicht abgedichtet sind
- Offen stehende Abteilabdeckungen.

2.5 Wirkungen der Teilentladung

Der physische Effekt langfristiger Teilentladung führt typischerweise zu einem endlichen katastrophalen Ausfall der Isolation. Die Beispiele aus den folgenden Abbildungen 4 und 5 zeigen die Effekte gesteigerter Teilentladungsaktivität. Diese Aktivität würde den Austausch der beschädigten Isolationskomponenten verlangt haben und kann typischerweise nicht durch Reinigung oder kleinere Überholungen behoben werden.

Abbildung 4 - Entladung in einer Kabeldose, verursacht durch ein PVC-Phasenband, welches nach der Installation belassen wurde



Abbildung 5 - Entladung an einem Leistungsschalter, verursacht durch hohe Feuchtigkeit und einen Designfehler



Weitere Informationen über Teilentladungen und Instrumente ihrer Entdeckung können auf der EA Technology-Website gefunden werden: <http://www.eatechnology.com/partial-discharge>.

3 Schaltanlage - Spezifikation und Design

3.1 Umgebungsanforderungen in IEC-Standards

Der betreffende Schaltanlagen-Standard über 1000V ist IEC 62271-1:2007 +A1:2011 Hochspannungsschaltgeräte Gemeinsame Spezifikationen, die identisch sind mit BS EN 62271-1:2008.

Klausel 2.1.1. in IEC 62271-1 enthält die normalen Service-Bedingungen für Schaltgeräte in Innenräumen. Dies ist im Folgenden wiedergegeben.

- a) *Die Umgebungstemperatur übersteigt nicht 40°C und einen Durchschnittswert von 35°C, der über einen Zeitraum von 24 Stunden gemessen wird.*
- d) *Die Umgebungsluft ist nicht signifikant verschmutzt durch Staub, Rauch, korrosive und/oder entflammbare Gase, Dämpfe oder Salz. Der Hersteller geht davon aus, dass es - bei Abwesenheit spezifischer Anforderungen durch den Nutzer - keine gibt.*
- e) *Die Feuchtigkeitsbedingungen sind wie folgt:*
 - *der Durchschnittswert der relative Luftfeuchte, der über einen Zeitraum von 24 Stunden gemessen wird, übersteigt nicht 95 %*
 - *der Durchschnittswert des Wasserdampfdrucks, der über einen Zeitraum von 24 Stunden gemessen wird, übersteigt nicht 2.2 kPa*
 - *der Durchschnittswert der relative Luftfeuchte, der über einen Zeitraum von einem Monat gemessen wird, übersteigt nicht 90 %*
 - *der Durchschnittswert des Wasserdampfdrucks, der über einen Zeitraum von einem Monat gemessen wird, übersteigt nicht 1.8 kPa*

Bei diesen Bedingungen kann es gelegentlich zu Kondensation kommen.

HINWEIS 1 Kondensation kann erwartet werden, wenn es in Zeiträumen hoher Feuchtigkeit zu plötzlichen Temperaturschwankungen kommt.

HINWEIS 2 Um den Wirkungen hoher Feuchtigkeit und Kondensation, wie dem Ausfall der Isolation oder der Korrosion von Metallteilen, zu widerstehen, sollten für solche Bedingungen vorgesehene Schaltanlagen verwendet werden.

HINWEIS 3 Kondensation kann verhindert werden durch ein spezielles Design des Gebäudes oder Gehäuses, durch geeignete Belüftung und Beheizung des Umspannwerks oder durch Nutzung von Entfeuchtungsgeräten.

Es muss beachtet werden, dass IEC 62271-1 festlegt, dass Kondensation gelegentlich auftreten kann und dass dies bei plötzlichen Temperaturschwankungen zu erwarten ist.

Hinweis 3 verdeutlicht, dass der Nutzer Gerätschaften verwenden kann, um Kondensation zu verhindern.

Es sollte beachtet werden, dass Typprüfung über einen relativ kurzen Zeitraum erfolgen. Die Wirkung langfristiger (d.h. mehrere Jahre) Aussetzung gegenüber den in der Norm angegebenen Niveaus von RH wurde nicht getestet.

3.2 Umgebungsanforderungen in der Literatur des Herstellers

Zu sämtlichen HV Schaltanlagen wird angegeben, dass sie die Anforderungen von IEC 62271-1 erfüllen. Hersteller erkennen die Informationen in den Hinweisen an, indem sie einschränkende Bedingungen in den Ausrüstungshandbüchern machen. Dies zeigen die folgenden Auszüge:

- „Wenn der Bereich frei von Feuchtigkeit und abrasiven Substanzen ist (d.h. eine zufriedenstellende Umgebung für den normalen Betrieb, wenn die Schaltanlage gestartet wurde)...“²
- „VORSICHTSMAßNAHMEN: Die relative Luftfeuchte darf nicht 80 % übersteigen, und die Kombination von Temperatur und Feuchtigkeit muss so sein, dass innerhalb oder außerhalb der Ausrüstung keine Kondensation auftritt. Wo die relative Luftfeuchte 80 % übersteigt, ergreifen Sie besondere Vorbeugemaßnahmen, um zu verhindern, dass Kondensation auftritt. Dies kann einschließen, dass die Geräteheizung über einen Hygrostat betrieben werden und - bevorzugt - dass das Umspannwerk mit einer Entfeuchtungsanlage ausgestattet wird.“³
- „Wenn die durchschnittliche Luftfeuchte 75 % übersteigt, empfehlen wir, dass angemessene Maßnahmen ergriffen werden.“⁴
- „Ideale Bedingungen - Feuchtigkeit unter 40 %
Standard / Normalbedingungen - Feuchtigkeit unter 60 % RHD (optionale Anti-Kondensationsheizungen können angebracht werden, wo der RHD diesen Wert übersteigt)“.⁵
- „Im Falle von Umspannwerken, die in Bereichen installiert sind mit einer hohen relative Luftfeuchte oder in Bereichen mit einem hohen Grundwasserniveau, muss der Vorbeugung von Kondensation besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Dies gilt auch für Schaltanlagen, die in Bereichen mit reichlich Wasser installiert sind.“⁶
- „Ideale Bedingungen - Feuchtigkeit unter 40 % und kein tropfendes Wasser; Standardbedingungen - Feuchtigkeit unter 60 %.“⁷

Ein Schaltanlagen-Hersteller hat die zulässigen Klimabedingungen mit Begriffen beschrieben, die in *BS EN 60721-3-3:1995 Klassifikation der Umweltbedingungen* verwendet werden. Klassifikation von Gruppen von Umgebungsparametern und deren Gewicht. Stationäre Verwendung an witterungsgeschützten Orten. Dieser Standard klassifiziert Gruppen von Umgebungsparametern und deren Gewicht. Das Folgende ist ein Auszug aus Tabelle 1 in BS EN 60721-3-3.

²Alstom Installation, Operation and Maintenance Manual for the HWX Form A Switchgear (2002) Klausel 2.6.3.

³AREVA Visax S Installation and Commissioning Manual Technical Handbook MA611(a) Rev 5 (2004) Klausel 1.1.1

⁴AREVA PIX Installation, Operation and Maintenance Manual No AMT NoT 060-02 (2006) Klausel 2.3

⁵Hawker Siddeley Switchgear Eclipse Operation and maintenance instructions, Instruction Manual No 55/4154 (2009) Klausel 4.1.1

⁶Eaton Holec Innovac SVS/08 Technical User Manual Ref 991.137 H, Klausel 3.1.1

⁷Schneider Electric Genie Range Installation, Operation and Maintenance Instructions Version 002 (2000). Klausel über Wartung

Tabelle 1 Umgebungsparameter

Umgebungsparameter	Einheit	Klasse	
		3K3	3K5
Niedrige Lufttemperatur	°C	+5	-5
Hohe Lufttemperatur	°C	+40	+45
Niedrige relative Luftfeuchte	%	5	5
Hohe relative Luftfeuchte	%	85	95

Quelle: BS EN 60721-3-3 Tabelle 1

“bei der Klasse 3K5 ist die Installation zusätzlicher Heizgeräte notwendig.“⁸

Wie aus den obigen Auszügen gesehen werden kann, liegen ideale Bedingungen für die relative Luftfeuchte (RH) bei bis 40 % und Standard / Normalbedingungen für RH bei weniger als 60 %. Wo die durchschnittliche RH größer als 60 % ist, wird normalerweise empfohlen, dass eine Form der Umgebungskontrolle in dem Schaltraum verwendet wird. Wenn Klassifikationen aus BS EN 60721-3-3 verwendet werden, sind die Empfehlungen vergleichbar.

3.3 Anordnungen der Schaltanlage

3.3.1 Isolationsmaterialien

Historische Isolatoren für Schaltanlage waren entweder glasiertes Porzellan oder Materialien bei mit Kunstharz getränktem Papier (SRBP). Polymere und Harzmaterialien wurden vor rund 30 Jahren eingeführt, und ihre Verwendung ist beinahe universell geworden. Diese modernen Materialien haben sich als deutlich stärker anfällig für Teilentladungen gezeigt als dies bei Porzellan und SRBP der Fall war.

3.3.2 Kabeleinführungen und Anschlüsse

Historisch wurden Kabel in Umspannwerke durch gebogene Rohre eingeführt, die in Betonwände verlegt wurden, und sie endeten in vergossenen Kabeldosen. Die Form der Rohre, die oft mit Bentonit verfüllt waren, hielt Wasser von dem Eindringen in das Umspannwerk ab. Kabel endeten/wurden angeschlossen in mit Gussmaterial verfüllten Kabeldosen, welche die Kabel und Anschlüsse vollständig abdichteten.

Moderne Schaltanlagen, insbesondere mit einem Fest-Muster-Design, haben die Kabeleinführung eigentlich auf Bodenniveau. Deshalb ist es entscheidend, eine Kabelrinne oder einen Keller unter der Schaltanlage zu haben für einen Zugang für die Kabel, wo diese enden/angeschlossen werden.

Moderne Kabelanschlussdosen sind luftisoliert. BS 2562:1979 Kabeldosen für Transformatoren und Reaktoren, Klausel 7.3, legt fest, dass unverfüllte Dosen „um Kondensation zu minimieren, über Ventilation verfügen sollen“. Es ist bekannt, dass es in unverfüllten Dosen ohne Atmung zu einer Ansammlung von Feuchtigkeit kommt, welche zu Korrosion und Entladungen an den Anschlüssen führt. Dies bedeutet auch, dass die RH der Luft innerhalb einer Kabeldose dieselbe wie in der Umgebungsluft ist.

⁸ Siemens NXAIRM Supplement 2000 to Catalog HA 25.71 Abschnitt 5

3.3.3 Gehäuse für Schaltanlagen

Es gibt einen freien Austausch von Luft zwischen dem Schaltraum und den verschiedenen Gehäusen in der Schaltanlage. Dies bedeutet, dass die Temperatur und die RH im Wesentlichen dieselben sind wie in dem Schaltraum.

4 Transformatorräume und Erker

Transformatoren werden üblicherweise in separaten Räumen oder Erkern in Umspannwerken platziert, die vollständig von der Schaltanlage und der Schutz-/Kontroll-Ausrüstung separiert sind, da die Notwendigkeit besteht, Lüftung zum Zwecke der Kühlung bereitzustellen.

Wie alle anderen Hochspannungsausrüstungen neigen Transformatoren zur Teilentladung. Während Entladungen im Inneren des Transformators nicht von der externen Umgebung beeinflusst werden sollten, kann dasselbe nicht für Hochspannungsisolatoren, Kabel Dosen und die zugehörigen Anschlüsse gesagt werden.

Während Ventilation notwendig ist, sollte der Eintrag von Wasser minimiert werden. Ein Standard, der nützlich bei der Bestimmung der Anforderungen zur Begrenzung des Wassereintrags sein kann, ist IEC 60529 „Schutzgrade, die von Abschrankungen erzielt werden“ (IP Code). Der zweite charakteristische Wert ist die Anforderung für den Schutz gegen den Eintrag von Wasser. Wenn der Transformatorraum / Erker als eine Abschrankung aufgefasst wird, dann kann diese Norm auf das Design der Lüftungsöffnungen angewendet werden, um den Eintrag von Wasser zu minimieren.

Der Abschnitt über Kabeleinführungen und -anschlüsse in Kapitel über Schaltanlagen gilt genauso gut für Transformatoren.

5 Folgen der Fehlfunktion von Ausrüstung

Die Folgen der Fehlfunktionen von Ausrüstung variieren je nach Schwere der Fehlfunktion und der Auswirkung auf die Systeme, die von der Ausrüstung versorgt werden. Die folgenden Abschnitte erörtern die Faktoren, die in Rechnung gestellt werden sollten, wenn es um die mögliche Bewertung der Fehlfunktion von Ausrüstung und den folgenden Verlust von Stromversorgung geht. Es liegt in der Verantwortung des Besitzers der Ausrüstung, eine derartige Bewertung vorzunehmen.

5.1 Netzwerk- / Anlagen-Ausfallkosten

Für die Betreiber der Verteilungsnetze (DNO) im VK fallen bei Ausfall der Verbraucherversorgung Kosten für die verlorenen Minuten von Verbrauchern (CML) und Verbraucher-Unterbrechungen (CI) an. Diese Kosten sind Teil des regulatorischen Rahmens, und die DNOs haben Zielsetzungen bei der 5jährigen Preisüberwachung durch den Regulator. Zusätzlich gibt es eine Minderung der Zuverlässigkeit der Versorgung von Verbrauchern, die nicht direkt von dem Fehler betroffen sind.

Bei erzeugenden Unternehmen kann verhindert werden, dass die erzeugte Energie von der erzeugenden Station exportiert wird. Dies verursacht einen unmittelbaren und erheblichen Verlust an Einkommen, bis die fehlerhafte Ausrüstung repariert oder ausgetauscht werden kann. Bei einem großen Generator können diese Kosten höher als £500.000 pro Tag sein.

Bei herstellenden Anlagen kann die Fehlfunktion zu einem sofortigen Stillstand des Fertigungsprozesses führen. Dies kann zu Verlusten bei den durch den Herstellungsprozess geschleusten Produkten führen, zu Schäden in der Herstellungsausrüstung, Ausfallzeiten für die Prozess-Mitarbeiter usw. Dabei entstehen in allen Fällen für das Unternehmen Kosten. Bei einem längeren Ausfall können zusätzliche Kosten anfallen für verspätete oder ausgefallene Lieferungen.

5.2 Operative Kosten

Bei jeder Fehlfunktion fallen nennenswerte Kosten an für die unmittelbare Reaktion zur Sicherung des Standorts, zur Durchführung von Umweltreinigungen und - soweit möglich - zur Wiederinbetriebnahme der Stromversorgung.

Darüber hinaus ist es eine gute Praxis, die Ursache der Fehlfunktion zu untersuchen, um zu erkennen, ob es ein isolierter Vorfall ist oder ob es ein Problem ist, welches auch ähnliche Anlagen betreffen kann. Im letzteren Fall ist es notwendig, einen Plan zu entwickeln, um Abhilfemaßnahmen bei ähnlicher Ausrüstung zu ergreifen, damit es künftig nicht zu Ausfällen kommt.

Provisorische Arbeiten können notwendig werden, um die Versorgung in kritischen Bereichen wiederherzustellen.

5.3 Folgeschäden

Die Fehlfunktion von jeglicher elektrischer Ausrüstung kann Schäden an beigeordneter Ausrüstung hervorrufen, die sonst gut funktioniert, an Leistungs- und Steuerkabeln, Gebäudestrukturen und der verbundenen Ausrüstung.

Die gesamte Ausrüstung, die mit der ausgefallenen Ausrüstung verbunden ist, muss untersucht und getestet werden, um sicherzustellen, dass sie nicht von Stoßspannungswellen und Überstrom während des Ausfalls beschädigt wurde.

In einer Herstellungsanlage kann der Ausfall der Versorgung es notwendig machen, dass die Ausrüstung für den Herstellungsprozess gereinigt oder gewartet wird, bevor sie wieder in Betrieb genommen wird.

5.4 Sicherheit

Bei jeder Fehlfunktion gibt es eine Gefahr für die Mitarbeiter und die Öffentlichkeit aus folgenden Explosionen, dem Zusammenbruch von Strukturen, sich ergebenden Feuern und der mögliche Abgabe von schädlichen oder giftigen Verbindungen in die Atmosphäre.

Die Fehlfunktion verlangt, dass die Prozeduren des Risikomanagements überprüft werden, um festzustellen, ob die Ursachen und Folgen der Fehlfunktion verlangen, dass die Prozeduren revidiert werden.

5.5 Reparatur oder Austausch

An der ausgefallenen Ausrüstung muss eine technische Bewertung durchgeführt werden, um festzustellen, ob sie repariert werden kann oder ausgetauscht werden muss.

Wenn Reparaturen durchgeführt werden müssen, ist es entscheidend sicherzustellen, dass kompetentes Personal verwendet wird, um zu garantieren, dass die Reparaturen sicher und effizient sind.

Wenn Ausrüstung ausgetauscht werden muss, muss die Aufmerksamkeit folgenden Faktoren gelten:

- der Lieferzeit für neue Ausrüstung, die im Falle von Spezialanfertigungen erheblich sein kann
- die Verlegung von Leistungs-, Steuerungs- und Telekommunikationskabeln kann in neuer Ausrüstung ein Re-Design der vorhandenen Ausrüstung verlangen
- neue Ausrüstung kann nach anderen Normen ausgeführt sein, was eine Beurteilung und Re-Design-Arbeiten an anderer Ausrüstung verlangt, welches seinerseits ersetzt werden muss
- eine Einteilung der Austauscharbeiten, um die benötigte Zeit und die Unterbrechung des normalen Betriebs zu minimieren.

6 Umgebung des Umspannwerks

Die externen Umgebungs- und Betriebsbedingungen, die einen Einfluss auf die Umgebung des Umspannwerks haben, wurden weiter oben in diesem Bericht erörtert.

6.1 Eintrag von Feuchtigkeit in Umspannwerke

6.1.1 Struktur des Umspannwerks

Die Hauptquelle für den Eintrag von Feuchtigkeit durch die Struktur des Umspannwerks sind undichte Dächer und Türen.

Zusätzlich weisen so gut wie alle Baumaterialien eine Permeabilität für Feuchtigkeit auf. Es ist der Erwähnung wert, dass viele vor den 1940er Jahren gebaute Umspannwerke häufig halb-glasierte Backsteine auf den Innenwänden verwendeten, die feuchtigkeitsundurchlässig sind. Es ist nicht bekannt, ob dies aus ästhetischen Gründen geschah oder um den Feuchtigkeitseintrag zu minimieren.

Die Menge des Wassers an den Wänden nimmt stark zu, wenn Dachrinnen, Fallrohre und Abflüsse beschädigt oder blockiert sind, was zu einem Wasserfluss über die Wände führt.

6.1.2 Kabelrinnen und Kabeleinführungen

Nasse Rinnen kann es wegen örtlicher Bodengrundbedingungen geben, aber sie können auch durch einen zeitweiligen Anstieg des Grundwasserspiegels während längerer Zeiträume feuchten Wetters entstehen. Die Bodenbedingungen können von externen Landschaftsbauarbeiten verändert werden, welche die Bodenniveaus und die Abflussrichtung des Wassers betreffen.

Wo die Dichtungen an Kabeleinführungen zu Rinnen oder Kellern unangemessen oder nicht korrekt installiert sind, kann die Bewegung der Kabel und Änderungen bei dem externen Wasserdruck wegen des Steigens oder Fallens des Grundwasserspiegels zu Fehlfunktionen der Dichtung führen, wodurch ein Eindringen von Wasser möglich wird.

6.2 Wirkungen von hoher relativer Luftfeuchte innerhalb von Umspannwerken

Wie bereits dargestellt, erhöht eine hohe RH innerhalb von Umspannwerken die Wahrscheinlichkeit von Teilentladungen bei Hochspannungselektroisolationen.

Wenn die RH hoch ist, besteht ein Risiko von Kondensation, falls die Temperatur unter den Taupunkt der Luft fällt. Kondensation tritt auch auf, wenn die Temperatur einer Oberfläche unter dem Taupunkt liegt. Dies gilt unbeschadet der Lufttemperatur beispielsweise für Metall- oder Glas-Behälter, die aus dem Kühlschrank in die warme Küche gebracht werden.

Dieser Effekt kann sowohl extern als auch intern Kondensation verursachen, da der RH derselbe im Raum und in der Ausrüstung ist.

7 Minderungsmaßnahmen

7.1 Best Practice für das Design neuer Umspannwerke

Das Gebäude des Umspannwerks sollte eine solide Konstruktion aufweisen und angemessen wasserdicht sein.

Wenn das Umspannwerk sich an einem Ort mit extremem Wetter oder Überschwemmungen befindet, können Extramaßnahmen zur Verhinderung des Wassereintrags notwendig werden. Umspannwerke können so gestaltet werden, dass das Bodenniveau des Schaltanlagenraums oberhalb des wahrscheinlichsten Überschwemmungsniveaus liegt. Das Risiko von Überschwemmungen für einen bestimmten Ort im VK kann auf der Website der Environment Agency gefunden werden, auf die oben verwiesen wurde.

Dächer von Umspannwerken sollten so gestaltet sein, dass Wasser leicht abfließt. Sie sollten für eine einfache Wartung konstruiert sein, und die Verwendung von Materialien, die attraktiv für Diebe sind (z.B. blinkendes Blei) sollte vermieden werden.

Dachrinnen und Fallrohre sollten für den maximalen Regenfall geplant sein, der an dem Ort vorherrschend ist. Abflüsse sollten für die erwartete Menge von Wasser bemessen sein und eine einfache Reinigung ermöglichen. Das Gebäude des Umspannwerks sollte angemessen isoliert sein, um starke Temperaturvariationen zu verhindern.

Die Türen von Umspannwerken sollten gut passen, um das Eindringen von externer Umgebungsluft in das Umspannwerk zu minimieren. Ein Witterungsstreifen sollte über der Tür befestigt sein, damit sich kein Regenwasser oben auf der Tür ansammelt. An der unteren Seite der Tür sollte ein Schurz angebracht sein, um zu garantieren, dass das Wasser deutlich von der Bodenöffnung abgehalten wird.

Die Ausrichtung der Türen bezüglich der Sonne, das Material, aus denen sie bestehen, und der Decklack können eine Auswirkung auf die Wärme haben, die sie an das Umspannwerk abgeben. Alle Zugangstüren für Personen sollten mit selbstschließenden Mechanismen ausgestattet werden, um zu verhindern, dass sie offen bleiben, damit der Eintrag von Feuchtigkeit und Kontaminationen in die Luft minimiert wird.

Die Verwendung eines Eingangsbereichs für den normalen Personenzugang kann eine Barriere darstellen, um die Wirkung von Wärme und Feuchtigkeit auf sensiblere Bereiche des Umspannwerks, d.h. die Spannungsschalträume, zu minimieren.

Die Böden von Umspannwerken sollten abgedichtet werden, um Staub zu minimieren und die Reinigung zu erleichtern.

Alle Kabeleinführungen in das Umspannwerk sollten abgedichtet sein, um den Eintrag von Wasser und - sofern sie sich über dem Bodenniveau befinden - von Kontamination durch die Luft zu verhindern. Dies hat den zusätzlichen Effekt, Schädlinge vom Eindringen in das Umspannwerk abzuhalten. Dichtungen an unterirdischen Kabeleinführungen müssen für die erwarteten Bodenbedingungen geeignet sein und korrekt installiert werden.

Transformatoren verlangen Lüftung für die Kühlung. Deshalb wird die RH in diesem Bereich dieselbe sein wie in der externen Umgebungsluft. Die Wärme von dem Transformator reicht normalerweise aus, um die Wirkungen der RH zu minimieren.

Es sollte keinen Austausch von Luft zwischen den Transformatorräumen / -Erkern und den Räumen geben, welche die Schaltanlage oder Schutz- und Steuerausüstung enthalten.

Alle Räume, welche Schaltanlagen, Batterien oder Schutz- und Steuerausüstung enthalten, sollten so geplant sein, dass sie Minderungstechniken enthalten, welche unten beschrieben sind.

7.2 Techniken und Ausrüstung für das Aufrechterhalten der inneren Umgebung des Umspannwerks

Es gibt verschiedene Maßnahmen, die verwendet werden können, um die Kontrolle der

Umgebungsbedingungen in den Schalträumen und Umspannwerken aufrechtzuerhalten; dies wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

7.2.1 Kontrolle der Umgebungsbedingungen im Schaltraum

Die folgenden sekundären Maßnahmen können eingeführt werden, um die Umgebung des Umspannwerks zu verbessern. Sie können eingeführt werden, wo Umgebungsbedingungen des Umspannwerks außerhalb der oben genannten Grenzen liegen:

- a) Montage von Heizungen in der Schaltanlage (z.B. den Kabelabteilungen) in Fällen, in denen die Feuchtigkeit über einen langen Zeitraum hoch ist.
- b) Installation einer Umspannwerksheizung.
- c) Installation von Entfeuchtern oder Klimaanlage.

Anti-Kondensationsheizungen können innerhalb der Abteilungen für die Schaltanlagenkabel angebracht werden und müssen ständig in Betrieb sein, um die Bildung von Kondensation zu verhindern. Sie sind darauf ausgelegt, Kondensation in diesen Abteilungen zu verhindern, haben aber verschiedene Nachteile:

- a) Sie können nur bei invasiver Wartung geprüft werden, welche eine Unterbrechung des Stromkreises verlangt.
- b) Sie entfernen nicht die Feuchtigkeit aus der Luft, sondern halten die Temperatur der Abteilung über dem Taupunkt und verhindern so Kondensation.
- c) Sie haben nur geringe vorteilhafte Wirkungen auf andere Abteilungen in der Schaltanlage.
- d) Wenn sie ausfallen, kann dies zu Kondensation und einem raschen Ausfall der Schaltanlage führen.

Umspannwerksheizungen können installiert werden, um Temperaturschwankungen innerhalb des Umspannwerks zu reduzieren. Wenn Heizungen in dem Umspannwerk montiert werden, sollten sie temperaturgeregelt sein, um große Temperaturschwankungen zu vermeiden oder ständig angelassen zu werden. Die Heizung sollte regelmäßig überprüft werden, da ihr Ausfall zu Kondensation und einer rasch auftretenden Fehlfunktion der Schaltanlage führen kann.

Wenn der Schaltraum nass ist und das Wasser in einer Kabelrinne steht, können Umspannwerksheizungen zu der Feuchtigkeit beitragen, da sie die Verdunstung fördern statt zu beseitigen.

Die Optionen für eine positive Kontrolle der Umgebung in einem Umspannwerk sind Air Conditioning, Heizung und Entfeuchtung, die jeweils durch raummontierte Thermostaten und Feuchtigkeitsregler gesteuert werden.

Die beste Option hängt von dem lokalen Klima, insbesondere der Temperaturvariation ab. Der wichtigste Faktor ist, schnelle Variationen der Temperatur zu vermeiden, welche unter der Bedingung von hoher Feuchte unterhalb des Taupunkts fallen kann und so Kondensation erzeugt. Es ist auch bekannt, dass die Luft im Inneren einer Schaltanlage dieselbe Temperatur und RH wie die umgebende Luft des Umspannwerks hat. Kondensation tritt deshalb innerhalb und außerhalb der Schaltanlage auf und führt zu einer Korrosion, die nicht erkennbar ist, bis eine invasive Wartung durchgeführt wird.

Wo eine positive Umgebungssteuerung installiert ist, sollte sie mit einem Alarmsystem verbunden werden, um Fehlfunktionen in dem Umgebungssteuersystem, hohe Feuchtigkeit und niedrige Temperatur zu melden. In Idealfall sollten diese Alarmer mit dem SCADA-System verbunden werden und Fehler in dem lokalen Kontrollraum anzeigen.

7.2.2 Umgebungskontrolle für Schutz- und Kontroll-Ausrüstung

Moderne elektronische Schutz- und Kontroll-Ausrüstung kann erhebliche Mengen von Hitze erzeugen, welche eine eigene Umgebungskontrolle verlangen kann.

Wenn diese in einem Hochspannungs-Schaltraum angesiedelt ist, muss beachtet werden, dass diese bei den Gesamtheizungsanforderungen in Rechnung gestellt wurde.

Die Hinweise zu Schalträumen gelten gleichermaßen für die Schutz- und Kontroll-Ausrüstung.

7.2.3 Kabeleinführungsstellen

Kabel können über Dächer, Wände oder Kabelrinnen und Keller in Umspannwerk eingeführt werden.

Kabeleinführungen über Grund sollten abgedichtet sein. Es sollte darauf Wert gelegt werden, dass das äußere Finish nicht Wasser festhält oder den Eintrag von Wasser in das Umspannwerk verursacht.

Kabeleinführungen unter Grund sollten abgedichtet werden, um den Eintrag von Wasser an die Kabelrinne oder den Keller zu verhindern.

Alle Kabeleinführungsdichtungen sollten angemessen für die erwarteten Bedingungen und korrekt montiert sein.

Kabelrinnen sollten abgedeckt sein. Wenn die Rinne Wasser enthält, wird dies den Luftaustausch zwischen dem Raum und der Rinne minimieren und die Menge an Feuchtigkeit reduzieren, die in den Raum durch Verdunstung eintritt.

Unter extremen Bedingungen können Kabelrinnen und Keller geneigt werden, um einen Sumpf für die Ansammlung von Wasser zu erzeugen, welcher ausgepumpt wird, sowie ein bestimmtes Niveau erreicht ist.

Kabelkanäle müssen in einer Weise abgedichtet werden, dass dies effizient bleibt auch bei Berücksichtigung von Faktoren wie dem thermischen Zyklus von Leistungskabeln während Lastwechseln, den elektromechanischen Kräften an Leistungskabeln bei Ausfällen und den modernen Multicore-Eigenschaften von 33kV und 11kV Leistungs-, Schutz- und Steuerkabeln und Erdleitungen.

Wo das Umspannwerk erhöht angeordnet ist, ist es immer noch notwendig, die Kabeleinführungen gegen die Kabelörtlichkeiten in Räumen abzudichten, welche Ausrüstung enthalten, damit keine Feuchtigkeit in das Umspannwerk eindringt.

7.3 Wartung

Es ist essenziell, dass die Struktur des Umspannwerks und die interne Umgebungskontrolle regelmäßig inspiziert und gewartet wird.

Das Dach, Dachrinnen, Fallrohre und Abflüsse sollen vor bekannten Zeiträumen mit widrigen Witterungsbedingungen inspiziert und bei Bedarf gewartet werden.

Alle Umgebungskontrollen und das zugehörige Alarmsystem sollten Teil von geplanten Inspektions- und Wartungsmaßnahmen sein, und die Häufigkeit sollte nach der Schwere der lokalen Bedingungen festgelegt werden.

7.4 Überwachung der Schaltraumumgebung

Temperatur- / RH-Studien unter Verwendungen von Datenloggern sollten in Umspannwerken erstellt werden, um zu bestätigen, dass es über lange Zeiträume keine starken Variationen gibt. Bei der Durchführung dieser Studien sollten Datenlogger am unteren und oberen Niveau an jedem Ende und im Zentrum des Raums angebracht werden; ein Datenlogger sollte sich außerhalb des Gebäudes befinden, um die Umgebungsbedingungen aufzuzeichnen.

Da die lokale Witterung in jedem Land während des Jahres erheblich schwankt, wird diese Studie

wiederholt, um Daten während der extremen Wetterbedingungen aufzuzeichnen.

Die Ergebnisse jeder Studie sollten überprüft werden, um festzustellen, ob die Schaltraumumgebung befriedigend ist und um Bereiche für Abhilfearbeiten zu ermitteln. Es sollte beachtet werden, dass inakzeptable Bedingungen auf eine Fehlfunktion der Ausrüstung für die Umgebungskontrolle zurückzuführen sind oder auf den Eintrag von Feuchtigkeit wegen eines Mangels an Wartung oder auf die Fehlfunktion von unangemessenen oder falsch montierten Kabeleinführungsdichtungen.

7.5 Vorhandene Verbesserungen für Umspannwerke

Die Struktur und der Zustand vorhandener Umspannwerk kann Anlass zu Bedenken geben.

Eine Untersuchung der Struktur sollte durchgeführt werden, um deren Zustand auf der Grundlage der oben genannten Best Practice Informationen festzustellen, wobei Defizite behoben werden.

Eine Temperatur- und Feuchtigkeitsuntersuchung sollte in Hochspannungsschalträumen durchgeführt werden, um den tatsächlichen Zustand zu ermitteln und, falls nicht befriedigend, sollte das vollständige Umspannwerk im Lichte der oben genannten Best Practice Informationen bewertet werden. Eine einfache Nachrüstung der positiven Umgebungskontrolle ist nicht kosteneffizient, wenn die Struktur des Umspannwerks unbefriedigend ist.

8 Schlussfolgerungen

Es ist bekannt, dass die innere Umgebung eines Umspannwerks - insbesondere die Feuchtigkeit - eine signifikante Wirkung auf die Entwicklung von Teilentladungen in polymerischen Komponenten haben kann.

Das Design des Umspannwerks kann große Auswirkungen auf die internen Umgebungsbedingungen haben.

Kabeleinführungsstellen sind eine der Hauptquellen für Wassereintrag in Umspannwerk, und sie sollten wirksam abgedichtet werden.

Die Nutzung einer positiven Umweltkontrolle in Umspannwerken erhält die Feuchtigkeit auf einem akzeptablen Niveau und verhindert plötzliche Temperaturschwankungen, welche zu Kondensation führen können. Die Umgebung sollte durch Thermostaten und Hygrostaten kontrolliert werden, es sollte Alarme geben, die auf eine Fehlfunktion des Umgebungskontrollsystems aufmerksam machen.

Es ist essenziell, dass routinemäßige Inspektionen und Wartungen bei der Struktur und der Umgebungskontrolle des Umspannwerks durchgeführt werden.

9 Genannte Unterlagen

- BS EN IEC 62271-1:2007 +A1:2011 High-Voltage Switchgear and Controlgear. Common specifications
- IEC 60529 Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code)
- BS 1339-1:2002 Humidity. Terms, definitions and formulae
- BS 1339-2:2009 (CD-ROM) Humidity. Humidity calculation functions, tables and user guide
- BS 1339-3:2004 Humidity. Guide to the measurement of humidity
- BS 2562:1979 Cable Boxes for Transformers and Reactors
- BS EN 60721-3-3:1995 Classification of environmental conditions. Classification of groups of environmental parameters and their severities. Stationary use at weatherprotected

locations (identical to IEC 60721-3-3:1994)

EA Technology Limited
Capenhurst Technology Park
Capenhurst, Chester UK
CH1 6ES

tel +44 (0) 151 339 4181
fax +44 (0) 151 347 2404
email sales@eatechnology.com
web www.eatechnology.com

