

AKTIVE LÄRMDÄMMUNG VON LEISTUNGSTRANSFORMATOREN

Pierre Boss, Pierre Lorin, Dario Crameri
Kurt Brungardt

ABB Sécheron SA, Genf/Schweiz
QuietPower Systems, Inc., NewYork/USA

0. Einleitung

Durch Bevölkerungswachstum und zunehmend strengere Raumordnungsbestimmungen wird die Lärmentwicklung von Transformatoren für Stromversorgungsbetriebe ein ernstes Problem. Beim Transformatorenlärm sind niedrigfrequente Töne vorherrschend, die durch passive Mittel schwer zu kontrollieren sind, die aber durch aktive Geräuschkontrolle wirksam gedämpft werden können. In diesem Bericht wird ein neuartiges Lärmkontrollsystem ausführlich beschrieben, das den Transformatorenlärm aktiv durch eine Kombination von strukturellen Auslösern, die auf die Oberfläche des Transformatorbessels montiert werden, und von speziell entwickelten Akustikvorrichtungen unmittelbar unter der Besseloberfläche dämpft. Eine anpassungsfähige, selbstjustierende Mehrkanal-Kontrolleinrichtung reagiert automatisch auf Veränderungen des Lärmpegels während des Transformatorbetriebes. Die Wirksamkeit dieses Systems wurde an einer Reihe von Anlagen in Unterwerken in USA und Europa unter Beweis gestellt. Dieser Bericht enthält eine Anlagen-Fallstudie als Beispiel.

1. Hintergrund

In der Vergangenheit standen den Versorgungsbetrieben drei Methoden zur Verfügung, um den Geräuschpegel von Transformatoren im Umkreis eines Unterwerkes zu reduzieren. Sie konnten das Unterwerk mit einem größeren Grundstück ausstatten, einen geräuscharmen Transformator anschaffen oder eine Lärmschutzwand oder -umschließung um den Transformator errichten. Eine Erweiterung des Grundstücks scheitert meist am hohen Preis oder das Gebiet ist bereits entwickelt und nicht käuflich. Die Anschaffung eines geräuscharmen Transformators ist in den meisten Fällen nicht kosteneffizient, wenn der bereits existierende geräuschvolle Transformator ansonsten gut funktioniert und noch viele Jahre betrieben werden kann. Die Errichtung einer Lärmschutzwand oder -umschließung um den Transformator war bis vor kurzem die einzige brauchbare Nachrüstung einer Anlage. Zu den Problemen im Zusammenhang mit Wänden und Umschließungen gehören jedoch der eingeschränkte Zugang und die schlechte Wärmeabfuhr, wodurch wiederum die Leistung des Transformators verringert wird. Vor allem aber sind Wände beim Dämpfen von niedrigen Frequenzen wirkungslos, die die vorherrschende Lärmquelle bei Transformatoren sind. Umschließungen sind zwar wirksam, meist aber sehr teuer. Bei Unterwerken in Gebäuden müssen die strukturbedingten Schwingungen des Transformators ebenso behandelt werden wie der durch die Luft weitergetragene Lärm. Wände sind in diesem Fall keine Lösung, weil sie die strukturbedingten Schwingungen nicht abschwächen.

Der erste Versuch der Anwendung aktiver Lärmkontrolle zur Dämpfung von Transformatoren erfolgte Ende der 80er Jahre [1]. Das System verwendete damals Lautsprecher zur Erzeugung eines Gegenlärms, um den Lärm an verschiedenen Empfangspunkten im Umkreis zu neutralisieren. Mit diesem System wurde der 100-Hz-Ton sporadisch neutralisiert, der innerhalb der Empfängerregion stark variierte [2], [3]. Die Geräuschreduzierung an in Betrieb befindlichen Transformatoren war weitaus geringer als laut theoretischen Vorhersagen und Labor- und Computersimulationen erwartet. Die schwächere Leistung wurde auf die unzureichende Verarbeitung durch die Kontrollvorrichtung und Windeffekte an den Sensormikrofonen zurückgeführt. Die Arbeit an diesem Projekt galt als erfolglos und wurde eingestellt.

1992 schloß sich QuietPower mit Noise Cancellation Technologies, Inc., Manitoba Hydro und Baltimore Gas and Electric zusammen, um ein kommerzielles System zur Geräuschreduzierung von Transformatoren zu entwickeln. 1993 und 1994 kamen als Partner British Columbia Hydro, Jersey Central Power and Light, Commonwealth Edison und die Canadian Electrical Association hinzu. Ende 1995 hatte QuietPower Prototypen von aktiver Transformator-Geräuschdämmung (Active Transformer Quieting = ATQ™) an neun Transformatoren in fünf Unterwerken in Nordamerika installiert. Dies führte zum ersten kommerziellen ATQ™-System, das gegenwärtig in Nordamerika und Europa auf dem Markt erhältlich ist. ABB Sécheron SA als Partner von QuietPower vertreibt und installiert dieses System in Europa und ist auch für dessen Service verantwortlich.

2. Das Problem des Transformatorgeräusches

Transformatorlärm besteht hauptsächlich aus niedrigfrequenten Tönen. Die meisten Lärmprobleme sind auf eine Magnetostriktion zurückzuführen, die eine Schwingung des Kerns und der Spulen erzeugt. Diese Schwingung überträgt sich auf den Transformator-kessel, das den Lärm in die Umgebung abstrahlt. Bei Transformatoren mit 50 Hz-Nennfrequenz besteht der Lärm aus 100 Hz-Tönen und den entsprechenden Oberwellen von 200 Hz, 300 Hz usw. Für die meisten Lärmprobleme ist lediglich die Kontrolle von zwei oder drei Obwerwellen kleiner 400 Hz erforderlich. Ein typisches Geräuschspektrum eines 60 Hz Transformators ist in Bild 1 dargestellt.

Typisches Transformator-Geräuschspektrum

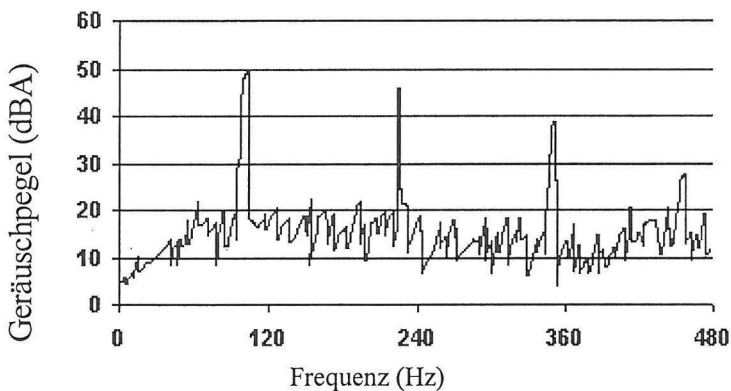


Bild 1: Typisches Transformatorgeräuschspektrum.

Für Anwohner in der Nähe eines Unterwerks ist der niedrigfrequente Lärm störender als Breitbandlärm der gleichen Intensität. Die meisten Städte haben aufgrund dieses „Störfaktors“ unterschiedliche Bestimmungen für Klang- und Breitbandlärmpegel. Darüber hinaus reicht niedrigfrequenter Lärm weiter und durchdringt Lärmschutzwände leichter als hochfrequenter Lärm. Deshalb hören die Anwohner das niedrigfrequente Summen des Transformators wahrscheinlich auch dann, wenn sie sich im Inneren ihres Hauses aufhalten und Türen und Fenster geschlossen sind.

Der Transformator-kessel ist eine komplexe Lärmquelle. Versteifungsstreben auf dem Kessel unterteilen die Fläche in viele einzelne Störquellen, so daß sowohl einzelne, als auch globale Kesselschwingungen zu dem ausgestrahlten Geräusch beitragen. Der meiste Lärm wird durch Schwingungen der Seitenwände des Gehäuses verursacht. Aber auch Geräusche, die vom Deckel und der Unterseite des Kessels ausgehen, müssen berücksichtigt werden. Das vorliegende Akustikproblem ist ein komplexes Spektrum an Ablenkungsformen, die gemeinsam ein uneinheitliches Geräuschfeld erzeugen. Zur Lösung dieses Problems ist die Verarbeitung zahlreicher Inputs, der Betrieb zahlreicher Outputs und Kenntnisse der Geräuschausstrahlung erforderlich.

3. Die ATQ™-Systemlösung

Das ATQ™-System unterscheidet sich durch mehrere Schlüsselmerkmale von früheren Versuchen zur aktiven Kontrolle des Transformatorenlärms, die es zu einer wirklich wirkungsvollen Lösung machen.

Ein wichtiges Schlüsselement ist die Bedeutung der Quellenübereinstimmung. Während frühere Systeme die Kontrolle in einiger Entfernung von der Quelle anwandten, wendet das ATQ™-System das „Antilärm“-Signal so nah wie möglich an der Quelle an, um einen möglichst hohen Grad an Quellenübereinstimmung zu erreichen. Dies ist Teil eines patentierten Verfahrens, das zur maximalen Unterbindung in alle Richtungen mit einem Minimum an Auslösern führt.

Die Verwendung der Schwingungskontrolle ist ein weiterer entscheidender Unterschied zwischen dem ATQ™-System und früheren Systemen. Wenn immer möglich, wird eine strukturelle Akustikkontrolle direkt auf den vibrierenden Transformatorkessel angewandt. Ein weiteres Schlüsselmerkmal ist die Verwendung mehrerer Input- und Output-Kanäle, die die globale Kontrolle von Mehrfachquellen ermöglicht. Weitreichender Feedback, die Verwendung von fortschrittlicher, schneller DSP-Technologie und Online-Identifizierung von Transferfunktionen gehören ebenfalls zu den neuen Schlüsselementen in der praktischen Anwendung des Neutralisierungssystems.

3.1 Systemkomponenten

Das aktive Geräuschreduzierungssystem für Transformatoren von QuietPower besteht aus folgenden Hardware-Komponenten:

3.1.1 Auslöser (actuators)

Die digitalen Signale, die durch die Kontrollvorrichtung erzeugt werden, werden zur Lärm- und Schwingungsdämpfung durch die nachstehend beschriebenen speziell entwickelten Akustik- und Schwingungsauslöser verwendet. Die Leistung dieser Auslöser muß der akustischen Leistung oder der Beschleunigung individueller Geräuschquellen des Gehäuses entsprechen.

3.1.2 Piezokeramischer Antrieb

Im Rahmen des Möglichen werden Schwingungsauslöser verwendet, damit der Transformatorkessel nicht mehr wirkungsvoll Lärm abstrahlen kann. Durch die Verwendung von piezokeramischem Material stoppt das ATQ™-System den Lärm, bevor er überhaupt entsteht. Dieses einzigartige Vorgehen ist erst nach ausführlichen Schwingungsmessungen möglich. Die tatsächlichen Ablenkungsformen und die theoretischen Schwingungsmoden werden verglichen. Die Experten legen den genauen Standort des piezokeramischen Teils fest, um die Kontrolle über die Modusform zu maximieren. Beschleunigungen auf dem Kessel von bis zu 4 m/sek² können mit dem richtigen Standort eines einzigen piezokeramischen Teils kontrolliert werden, das Antriebssignale von weniger als 300 V empfängt.

3.1.3 Schwingende Akustikvorrichtung (Resonant Acoustic Device)

Die Akustikauslöser wurden so entwickelt, daß sie eine leichte Resonanz im Frequenzbereich zwischen 100 und 400 Hz haben. Sie befinden sich untermittelbar unter der Oberfläche der Transformatorkesselwand und bieten eine wirksame Neutralisierung von 100

Hz-, 200 Hz- und 300 Hz-Tönen. Die schwingenden Akustikvorrichtungen befinden sich auf Quellen, für die mehr Kraft erforderlich ist als die, die effektiv durch piezokeramische Antriebe angewandt werden kann.

3.1.4 Sensoren

Bei den Sensor-Inputs für das ATQ™-System handelt es sich um Electret-Mikrofone. Sie werden im Unterwerk an Orten platziert, die die Lärmbedingungen im Umkreis verkörpern. Ihr Standort befindet sich üblicherweise an der Grenze des Unterwerks (im akustischen Einzugsbereich), und sie ermöglichen es den ATQ™-Systemen, sich an Veränderungen von Wetter und Last anzupassen. Die Mikrofone werden elektrisch abgeschirmt, um eine Verstümmelung der Signale auf niedrigem Niveau zu vermeiden, die sie an die Kontrollelektronik weiterleiten.

3.1.5 Kontrollelektronik

Industrielle Elektronikelemente befinden sich im Kontrollgebäude und fungieren als Gehirn des ATQ™-Systems. Analoge Sensorensignale werden konditioniert und in digitale Signale umgewandelt. Diese digitalen Signale werden verarbeitet, und ein Output-Signal, das die Geräuschdruckniveaus des Mikrofons verringert, wird berechnet. Nach der erneuten Umwandlung zurück in analoge Signale werden die Signale durch Leistungsverstärker verstärkt, die sich ebenfalls im Gehäuse befinden, und an die Auslöser geschickt.

Die diversen Hardware-Komponenten sind mit der Kontroll-Software zu einer vereinfachten Kontrollschleife mit einem einzigen Input und einem einzigen Output verbunden. Die eigentliche patentierte Kontrolleinheit besitzt mehrere Kanäle und kann bis zu 64 Input-Kanäle und 48 Output-Kanäle verarbeiten. Die verwendeten Algorithmen sind selbstjustierend und anpassungsfähig und passen sich automatisch an Veränderungen des Geräuschpegels und der atmosphärischen Bedingungen wie Temperatur und Feuchtigkeit an, die die Transferfunktionen der Geräuschausbreitung beeinflussen. Der Kontrollalgorithmus verwendet ein Referenzliniensignal dargestellt.

Das ATQ™-System ist ein Modularsystem, das für globale oder Richtungskontrolle an einem oder mehreren Transformatoren verwendet werden kann.

4. Systeminstallation und -Betrieb

Die Hardware und Kontrollalgorithmen sind für jede Installation Standard. Das Systemdesign einschließlich Reduzierungsziele und Platzierung von Auslösern und Mikrofonen ist jedoch standortspezifisch. Mehrere Etappen sind erforderlich, um das ATQ™-System an einen potentiellen Standort anzupassen. Diskussionen mit dem Kunden, grundlegende Abmessungen und analytische Akustikdesignarbeit tragen dazu bei, die für jede Installation erforderlichen Parameter zu definieren. Diese Etappen sind nachstehend beschrieben.

Der Prozeß beginnt mit einer eintägigen Standortbeobachtung, um die Forderungen des Kunden und die Art des störenden Lärms exakt zu definieren. In diesem Stadium weiß der Kunde im Normalfall noch relativ wenig über den potentiellen Standort, abgesehen davon, daß eine Beschwerde eingegangen ist. Die Standortbeobachtung wird auch dazu verwendet, festzustellen, ob aktive Lärmkontrolle die geeignete Lösung für das Problem ist. Das ATQ™-System eignet sich am besten für Standorte, an denen die vom Transformator ausgehenden niedrigfrequenten Oberwellen das Lärmspektrum auf dem Grundstück des Beschwerdeführers beherrschen. Falls Oberwellen über 400 Hz vorherrschen oder falls noch eine andere Lärmquelle innerhalb oder außerhalb des Standorts vorhanden ist (was

manchmal der Fall ist), ist das ATQ-System möglicherweise nicht optimal für die Lösung des Problems des Kunden.

Die nächste Etappe ist die Untersuchung des Transformatorkessels als Geräuschquelle. Dies erfolgt durch Beschleunigungsmessungen und das Aufzeichnen der Ablenkungsform der Kesselwand. Diese Messungen nehmen im Normalfall weniger als eine Woche am Standort in Anspruch. Durch die Beschleunigungsmessungen werden die Schalleistung und die Geräuschintensität verschiedener Abschnitte des Transformatorkessels berechnet.

Nach den Beschleunigungsmessungen erfolgt das Systemdesign. In dieser Etappe werden die Gehäuseabschnitte als Lärmquellen eingeteilt und die stärksten Quellen zur Bearbeitung vorgesehen. Es wird ein Systemlayout entwickelt, in dem die Auslöser präzise platziert werden, um die optimale Quellenübereinstimmung zu erreichen.

Zur Herstellung des Systems gehören die Vorverkabelung und das Testen der Bauteile in der festgelegten Konfiguration. Dem Kunden werden detaillierte Angaben zum Standort der Verteilerkästen und der Kabelkanäle gemacht, er bereitet den Standort dann für die Installation vor.

Die Installationsaufgaben sind einfach und werden von Mitarbeitern von QuietPower und ABB Sécheron SA sowie Mitarbeitern des Versorgungsbetriebs übernommen. Die Auslöser werden gemäß der Planzeichnung auf dem Kessel platziert. Die Installation der piezokeramischen Teile wird von ABB Sécheron übernommen, während der Versorgungsbetrieb die schwingenden Akustikvorrichtungen montiert. Das Versorgungsunternehmen verdrahtet und erdet auch die Verteilerkästen. QuietPower stellt die Anschlüsse für die Kontrollelektronik im Gehäuse her, die die Kontrollelektronik mit den Auslösern und Sensoren verbinden. Die Installation einschließlich Kontrollvorrichtungsoptimierung nimmt generell 2 bis 4 Wochen in Anspruch.

Das installierte System ist rund um die Uhr in Betrieb und aktualisiert die Transferfunktionen zwischen den Auslösern und den Sensoren durch eine Online-Regulierung. Nach der anfänglichen Systemoptimierung ist von Seiten des Kunden keinerlei Maßnahme erforderlich, um den Systembetrieb aufrechtzuerhalten. Die Wartung ist minimal. Die Überwachung und die Diagnose der Systemleistung erfolgen durch QuietPower/ABB Sécheron SA von fern.

5. Typische Ergebnisse

Die Leistung des ATQ™-Systems wurde für Transformatorenlärm in vier Oberwellen bis zu 480 Hz getestet. Dabei stellte sich heraus, daß diese Leistung in den niedrigen Frequenzen über der Leistung von Schallschutzwänden lag. Das System ist für besondere, vom Kunden festgelegte und von der Art des Lärmproblems abhängige Geräuschdämpfungen ausgelegt. Es ist ausgesprochen flexibel und anpassungsfähig. Für jede Oberwelle kann eine Reduzierung für einzelne oder mehrere Transformatoren festgelegt werden und global oder in bestimmte Richtungen angewandt werden.

Das ATQ™-System erreicht die kostengünstigsten Ergebnisse bei 100 Hz. Mit steigender Frequenz steigen auch die Kosten zur Erreichung der gleichen Dezibelreduzierung. Im allgemeinen reduziert das System den 100 Hz-Ton um ca. 15 dB, wobei Reduzierungen von bis zu 30 dB registriert wurden.

Bei 200 Hz belaufen sich die Geräuschreduzierungen generell auf 10 bis 12 dB. Bei 300 und 400 Hz liegen die typischen Ergebnisse bei 6 bis 8 dB.

Die Gesamtreduzierung hängt vom Oberwellengehalt und vom Hintergrundlärm innerhalb eines bestimmten Lärmspektrums ab. Ergebnisse einer Gesamtreduzierung von 12 bis 15 dBA werden normalerweise erreicht, wenn ein guter Signal-Lärm-Koeffizient vorhanden ist und die niedrigfrequenten Oberwellen dominieren.

6. Installations-Fallstudie

An einem Standort im Westen der USA hatte ein Versorgungsunternehmen mit einem Public-Relations-Problem zu kämpfen. Ein Unterwerk mit zwei Transformatoren, das vor 30 Jahren in einem entlegenen Gebiet errichtet worden war, befand sich jetzt mitten in einer Wohnsiedlung. Ein Bauunternehmen errichtete über zwanzig Eigenheime innerhalb einer Ringstraße, in deren Mittelpunkt das Umspannwerk stand. Jedesmal wenn die Bewohner aus dem Fenster schauten oder ihre Kinder im Garten spielen ließen, sahen und hörten sie die Transformatoren. Trotz eines Abstands von 65 bis 100 Meter zwischen den Transformatoren und den Häusern kam es zu ständigen Klagen, wenn beide Transformatoren gleichzeitig liefen.

Akustikfachleute wurden herbeigerufen, um den Standort zu besichtigen, und stellten fest, daß er nicht den geltenden Lärmverordnungen entsprach. In den Bestimmungen hieß es nämlich, daß der allgemeine Lärmpegel 55 dBA während des Tages und 50 dBA in der Nacht nicht übersteigen darf (gemäß Lärmschutzverordnung in der Schweiz wären die Immissionsgrenzwerte für Wohnzonen: 60 dBA am Tag, bzw. 50 dBA bei Nacht). Zu jener Zeit wurden bei Lärmmessungen Pegel von über 60 dBA an der Grenzlinie verzeichnet. Der Hauptbestandteil des Lärms waren die zwei niedrigsten geraden Harmonien der Linienfrequenz: 100 Hz und 200 Hz.

Der Versorgungsbetrieb suchte eifrig nach Lösungen für das Lärmproblem. Einer der beiden Transformatoren wurde als Hauptlärmquelle identifiziert, obwohl beide eindeutig zu der übermäßigen Geräuschentwicklung beitrugen. Mauern und Barrieren wurden in Betracht gezogen. Um das Umspannwerk vollkommen mit einer Mauer zu umschließen, waren fast 300 Meter Mauerwerk von beträchtlicher Höhe erforderlich. Kleinere Mauern kamen auch in Frage, wären aber nicht so wirkungsvoll und trotzdem sehr teuer gewesen.

Zu jenem Zeitpunkt trat der Versorgungsbetrieb an QuietPower Systems heran und bat um eine Analyse und einen Kostenvoranschlag. Die Kosten für das ATQ™-System beliefen sich lediglich auf einen Bruchteil der Kosten für die Barriere und die Mauer, die zuvor in Betracht gezogen worden waren. Außerdem hatte das ATQ™-System auch nicht die Nachteile dieser Optionen, da der Betrieb der Anlage unverändert blieb.

An dem Transformator wurden grundsätzliche Messungen der Schmalband-Akustik- und Schwingungsdaten vorgenommen. Davon ausgehend wurde die Systemkonfiguration und -leistung ermittelt und garantiert.

Das installierte System umfaßt 40 piezokeramische Antriebe und 26 schwingende Akustikvorrichtungen, die Quellen an allen vier Seiten des lauten Transformators abdecken, und an 3 Seiten des anderen Transformators. Für dieses System waren 64 Mikrophone im Freien erforderlich. 56 Mikrofone wurden an drei Seiten des Umspannwerks plaziert. Die restlichen acht wurden näher am Transformator an der letzten Seite aufgestellt.

Für diese Auslöser und Sensoren war eine Systemkonfiguration mit 64 Inputkanälen und 45 Output-Kanälen erforderlich. Stromversorgung, Kontrollvorrichtung, Signalkonditionierer und Verstärker paßten in zwei 48 cm große Standardgehäuse, die in dem kleinen Kontrollgebäude untergebracht wurden, das bereits an dem Standort vorhanden war.

Mitarbeiter des Versorgungsbetriebs installierten das Rohrkabel und die Leitungen, um die Bestandteile des ATQ™-Systems im Freien mit den Vorrichtungen im Kontrollgebäude zu verbinden. Außerdem standen Mitarbeiter des Versorgungsbetriebs zur Verfügung, um den Ingenieuren und Technikern von QuietPower während der Installation dieser Teile zur Hand zu gehen.

7. Systemleistung und Ergebnis

Das ATQ™-System löste die Lärmprobleme des Versorgungsbetriebs dadurch, daß das Unterwerk mit den gesetzlichen Verordnungen in Einklang gebracht wurde.

Vor der Installation des ATQ™-Systems lag der Geräuschpegel an 70 der 88 Standorte über dem erforderlichen Pegel von 50 dBA und erreichte Werte von mehr als 60 dBA. Nach der Installation fielen die Pegel mit Ausnahme von 8 Standorten auf unter 50 dBA. Der höchste Gesamtpegel lag bei 53 dBA. Die größte Gesamtreduzierung lag bei 14 dB. Der Versorgungsbetrieb war der Meinung, daß diese Ergebnisse seinem Bedarf hinsichtlich der Einhaltung der Gesetze auf geeignete Weise gerecht wurden.

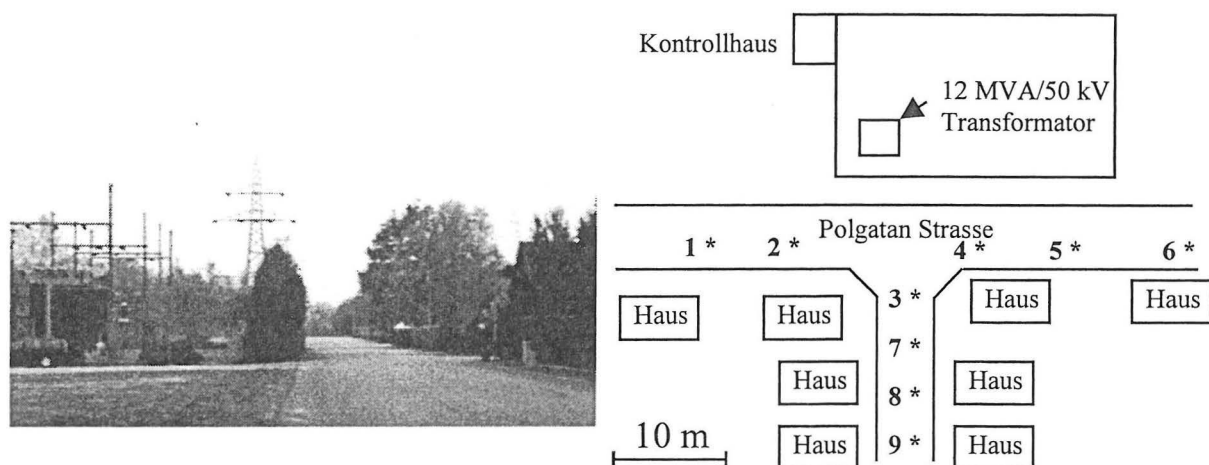


Bild. 2 : Tollarp Projekt – Lageplan & Messpunkte

Das erste ATQ™-System in Europa wurde an die Sydkraft AB nach Südschweden geliefert und ist seit Februar 1998 in Betrieb in der Tollarp Umspannwerk (Bild 2) auf einem Transformator 12 MVA, 50/12 kV, 1948 [4] [5]. Das schwedische Elektrizitätsunternehmen hat sich für das neue Lärmschutzsystem entschieden, weil bauliche Massnahmen nicht den gewünschten Erfolg gebracht haben. Die Erfahrungen beim Werk in der Nähe von Malmö sind denn auch durchwegs positiv : Messungen haben ergeben, dass die Lärmemission stark reduziert werden konnte. Die Lärmreduktion beträgt bis 16 dB im Bereich 100 Hz und bis 18 dB im Bereich 200 Hz (Bild 3).

8. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Ein neues, praktisches System für die Kontrolle von Transformatorenlärm wurde entwickelt und an 14 Transformatoren in 6 Umspannwerken in ganz Nordamerika eingesetzt. Weitere Installationen sind geplant oder bereits im Bau, das erste System in Europa wurde in Schweden im 1998 installiert. Eine zweite Anlage ist in Betrieb in Belgien seit Juni 1999. Das in dieser Unterlage beschriebene ATQ™-System ist überall dort wirksam, wo vergangene Anstrengungen fehlschlagen, weil der Schwerpunkt auf die Quellenübereinstimmung und die

Standort 1 - Messergebnisse

Gesamtreduktion

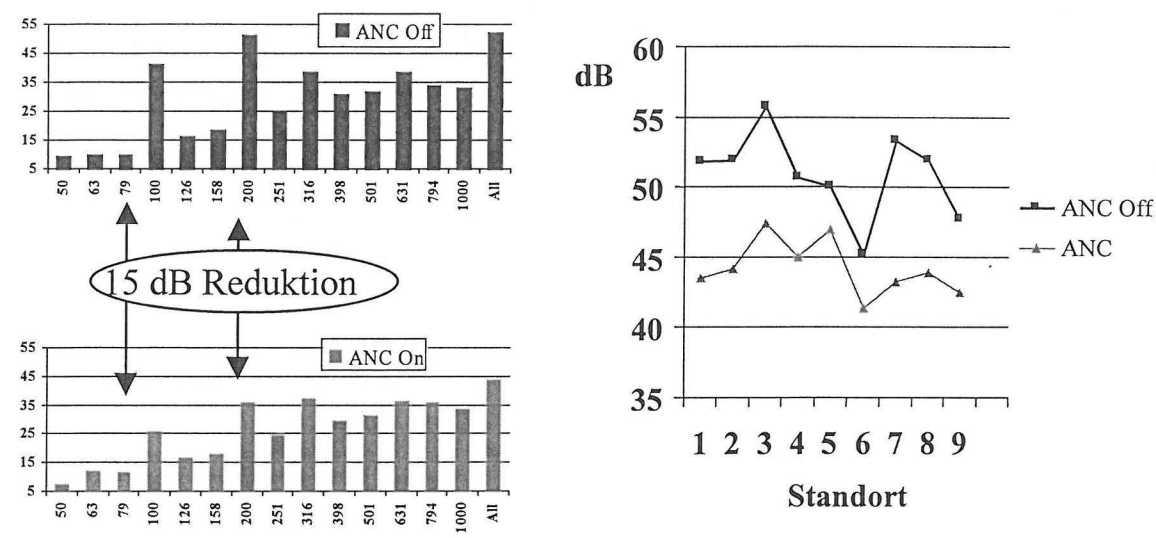


Bild 3 : Tollarp Projekt – Messwerte

Im Hinblick auf das Produkt sind die Versorgungsbetriebe mit der Lärmreduzierungsleistung zufrieden, die vor der Installation garantiert wird. Im allgemeinen werden Lärmreduzierungen zwischen 6 und 20 dB erreicht, wobei größere Reduzierungen bei niedrigeren Tönen wie 100 Hz und 200 Hz erreicht werden. Damit wird das Umspannwerk den örtlichen Lärmverordnungen gerecht und, was noch wichtiger ist, schiebt Klagen der Anwohner einen Riegel vor.

Darüber hinaus werden Probleme im Zusammenhang mit passiven Lösungen vermieden. Beispielsweise behindert das ATQ™-System nicht den Zugang zum Transformator, verursacht keine Wärmebildung und erzeugt keine Interferenzen mit oberirdischen Stromleitungen, wie das bei Mauern der Fall ist. Vermieden werden auch Probleme mit der Ablenkung oder Brechnung durch passive Barrieren.

Das System ist außerdem modular und flexibel. Es kann für einen oder mehrere Transformatoren innerhalb des gleichen Umspannwerks verwendet und sogar verlegt werden, wenn der Transformator seinen Standort wechselt.

Nach der Durchführung mehrerer Installationen arbeitet QuietPower, gestützt auf frühere Erfahrungen, an der Verkürzung der Installationszeit durch die Normung der Systemdesignverfahren. Auf der Grundlage dieser Bemühungen legte QuietPower eine Datenbank mit Lärmmessungen an Transformatoren an, die dazu genutzt werden soll, Lärmreduzierungsverfahren für Stromerzeugungsanlagen voranzubringen.

9. Schrifttum

- [1] Wright, S.E., „Aktive Lärmneutralisierung von Transformatoren“, EPRI-Forschungsprojekt 2744-1, Achter technischer Fortschrittsbericht, Angevine Acoustical Consultants, Inc., September 1989.
- [2] „Aktive Lärmneutralisierung von Transformatoren“, EPRI-Forschungsprojekt 2744-1, Protokoll der Überarbeitungssitzung, Palo Alto, CA, 25. September 1989.
- [3] „Aktive Lärmneutralisierung von Transformatoren“, EPRI-Forschungsprojekt 2744-1, Protokoll der Überarbeitungssitzung, Buffola, NY, 28. November 1989.
- [4] Lorin P. et al. „Wenn Trafos leiser werden sollen“, Bulletin SEV/VSE 18/98.
- [5] Boss P. et al. „ Use of Active Noise Control (ANC) Technology to Quiet Power Transformers ”, Report 12-301, CIGRE 1998, Paris.