



## Laststeigerung von Transformatoren durch optimale Kühlung

Mit SITRAM® COOL – Kühlanlagensteuerung mit optimierter Schallemission von  
TLM™ – Transformer Lifecycle Management™

Answers for energy.

**SIEMENS**



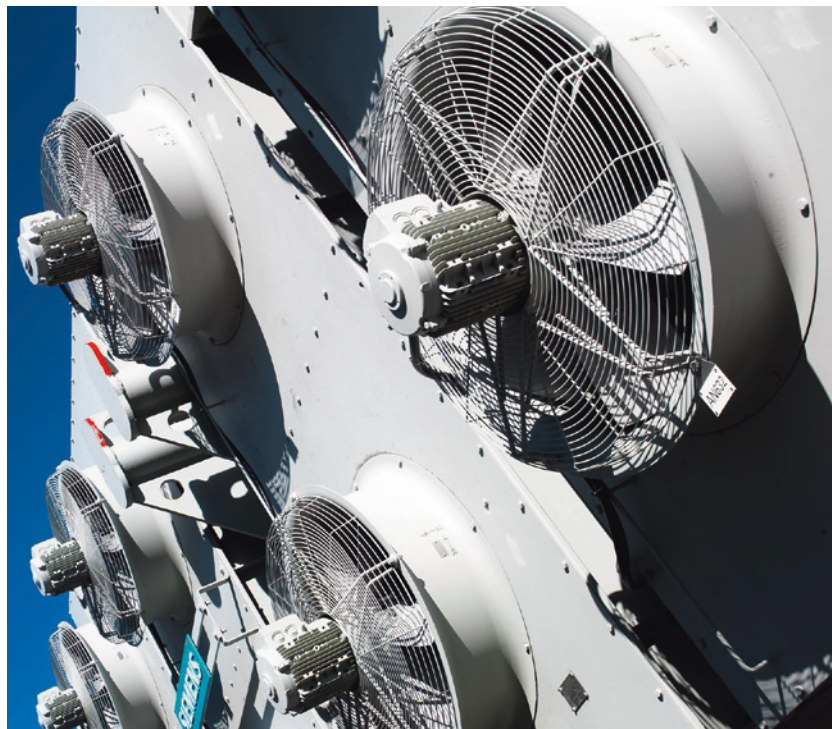
# Kühl kalkuliert: Optimale Einstellungen für mehr Last und weniger Lärm

## Die Herausforderung:

Transformatoren sind Schlüsselkomponenten der elektrischen Versorgungsnetze. Ausfälle führen dementsprechend zu hohen Kosten.

Ein wichtiges Kriterium für die Lebensdauer eines Transformators ist die Temperatur, die mit zunehmender Last ansteigt.

Angesichts zahlreicher Einflussgrößen ist eine intelligente Transformatorenkühlung jedoch keine einfache Aufgabe. Neben wechselnden Umgebungstemperaturen und Lastströmen müssen gesetzliche Lärmschutzgrenzwerte eingehalten werden – bei gleichzeitig möglichst niedrigen Eigenverlusten der Kühlanlage.



SITRAM® COOL erlaubt die situationsabhängige Lüftersteuerung – einzeln oder als Gruppe.



Um den Transformator ausreichend zu kühlen und gleichzeitig den Lärm und den Eigenbedarf der Kühlanlage zu minimieren, bieten wir mit SITRAM® COOL eine smarte Komplettlösung als Kühlersteuerung an.

SITRAM® COOL beinhaltet neben den reinen Steuerungs- und Programmelementen das Engineering für die Auslegung der Kühlanlage. Zur Geräuschminimierung und zur Minimierung des Eigenbedarfs der Kühlanlagen verwenden wir drehzahlgesteuerte Lüfter. Und das alles individuell abgestimmt auf Ihren Transformator.

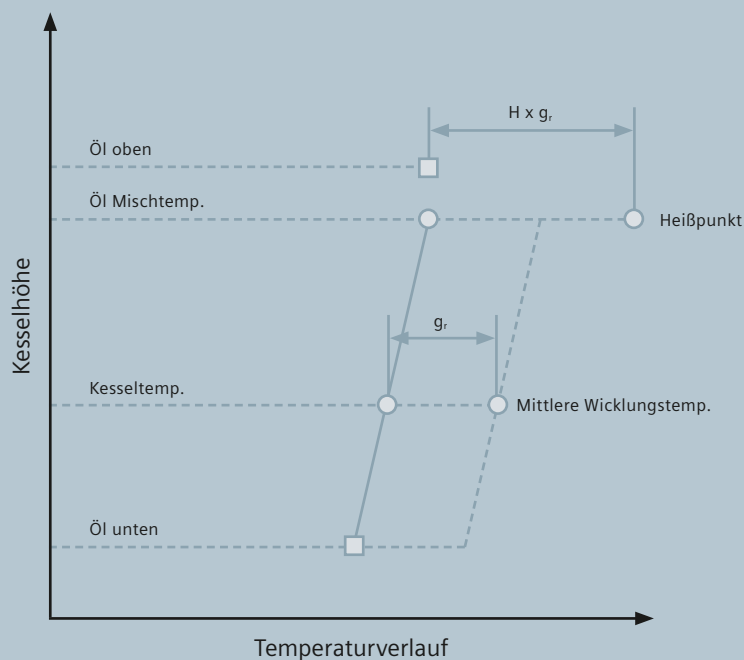
Durch das optionale Monitoringsystem SITRAM® CM können alle relevanten Parameter auch per Fernwartung visualisiert, überwacht und ausgewertet werden. Über verschiedene Kommunikationsschnittstellen lassen sich diese natürlich auch „remote“ abrufen.

## Mit SITRAM® COOL ...

- erzielen Sie eine Laststeigerung durch die Optimierung des Kühlsystems.
- kann das Öl bei absehbaren Lastspitzen vorgekühlt werden.
- optimieren Sie die Eigenverluste der Kühlanlage.
- verringern Sie den Geräuschpegel durch Einzelschaltung der Kühlgruppen und Verwendung drehzahlgesteuerter Lüfter.
- reduziert sich die Atmung des Transformators durch konstante Öltemperatur.
- erhalten Sie eine speziell auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittene Kühlanlagensteuerung, inkl. Engineering/Retrofit der Kühlanlage.

SITRAM® COOL schont Transformatoren auch im erweiterten Arbeitsbereich.

# Wissen, was in Ihrem Transformator vor sich geht



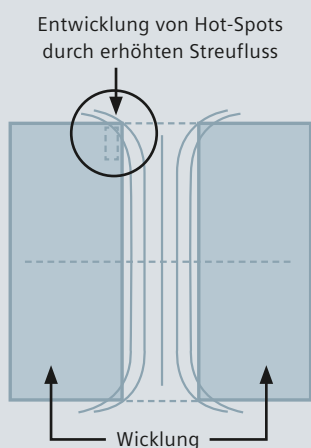
Temperaturverteilung im Transformator nach IEC 60076-7

## Thermische Verteilung im Transformator

In den aktuell gültigen Normen wie IEC 60076-7 und der Fachliteratur geht man davon aus, dass die Öltemperatur innerhalb des Kessels linear vom Boden bis zur Decke ansteigt. Die Übertemperatur des Leiters steigt parallel zur Übertemperatur des Öls mit einer konstanten Differenz.

An einigen Stellen, den sogenannten Hot-Spot, ist die Temperatur höher als die Übertemperatur des Leiters an der Wicklungsoberkante, was durch den Hot-Spot-Faktor  $H$  berücksichtigt wird. Die Ursache hierfür ist der magnetische Streufluss, der lokal zu einer erhöhten magnetischen Flussdichte und zu einer erhöhten Verlustwärme führt. Schwankungen des örtlichen Ölflusses können ebenfalls dafür verantwortlich sein.

Am schnellsten altert die Isolierung an den Stellen mit den höchsten Temperaturen – also im Hot-Spot. Das Ziel ist es, diese Temperatur durch geeignete Kühlmaßnahmen niedrig zu halten.



## Minimierung des Lärmpegels und des Eigenverbrauchs der Kühlanlage

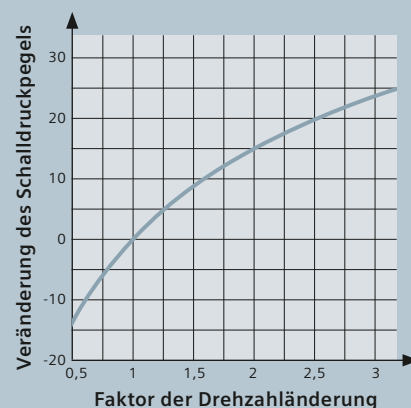
Maßnahmen zur Lärmvermeidung sind gesetzlich vorgeschrieben. Mögliche Ansätze sind hier der Einsatz leiserer Geräte oder geeigneter Dämmmaßnahmen. Jedoch steigen die Kosten mit zunehmendem Schallpegel enorm, während gleichzeitig die tatsächlich erreichte Lärmreduktion immer geringer ausfällt.

Der Schalldruckpegel gibt an, wie laut ein Geräusch ist. Da er dem Logarithmus des Schalldrucks im Verhältnis zum Bezugsschalldruck, der Hörschwelle, entspricht, können zwei Schallpegel nicht einfach addiert werden. So entsprechen +3 dB einer doppelt so lauten Schallquelle, während +7 dB bereits die fünffache Lautstärke bedeuten.

SITRAM® COOL ist Teil von TLM™ – Transformer Lifecycle Management™ und hilft, die Temperatur trotz hoher Last zu minimieren.

## Drehzahlgesteuerte Ventilatoren

Lüfter	n [1/min]	V <sub>ges</sub> [m <sup>3</sup> /h]	P <sub>ges</sub> [kW]	L <sub>wges</sub> [dB]	V [m <sup>3</sup> /h]	P <sub>1</sub> [kW]	L <sub>w</sub> [dB]
8	1.240	192.000	15,92	89	24.000	1,99	80
4	1.240	96.000	7,96	86	21.500	1,39	77
5	1.050	100.000	6,3	83	20.000	1,26	76
6	950	108.000	5,64	82	18.000	0,94	74



Mit SITRAM® COOL lassen sich die Zahl der aktiven Lüfter, Kühlleistung, Geräuschemissionen und Eigenverbrauch komfortabel abstimmen.

Laut länderabhängigen Richtlinien dürfen in reinen Wohngebieten bestimmte Schallpegel nicht überschritten werden, z. B. tagsüber Werte von 50 dB und nachts 35 dB. Die Richtwerte sind immissionsbezogen, d. h. der Richtwert muss an einem Wohnhaus durch die Gesamtheit aller einwirkenden Anlagen eingehalten werden.

In dem oben stehenden Beispiel ist der Transformator mit acht Lüftern ausgestattet. Bei der jetzt eingestellten Temperatur genügt eine Kühlleistung von ca. 100.000 m<sup>3</sup>/h. Diesen Volumenstrom kann man durch das Abschalten von vier Lüftern erreichen, wenn die anderen Lüfter mit voller Drehzahl arbeiten.

Weitere Möglichkeiten bestehen darin, mehr Lüfter mit einer kleineren Drehzahl laufen zu lassen. Wie man aus der Tabelle unschwer erkennt, erreicht man durch eine kleinere Drehzahl eine Reduzierung des Lärmpegels und der Eigenverluste im Vergleich zu vier Lüftern.

Durch eine optimierte Kühlanlage mit intelligenter Lüftersteuerung lässt sich die Kühlleistung im Verhältnis zur Geräuschentwicklung optimieren. Bei der Auslegung der Kühlanlage wird auf die benötigte Kühlleistung, den zur Verfügung stehenden Platz und die Geräuschanforderungen geachtet.

Die Drehzahl der Kühlventilatoren wirkt sich stark auf die Schallemission aus.

Die erzeugten Lüftergeräusche sind abhängig von der Umfangsgeschwindigkeit und dem Blattdesign. Eine zeitversetzte Lüfteraktivierung sowie die Drehzahlanpassung beim Erreichen voreingestellter Grenzwerte bieten vielfältige Möglichkeiten zur Verringerung der Geräuschemission.

Der für die Kühlleistung verantwortliche Volumenstrom ist proportional zur Drehzahl, der Eigenbedarf der Kühlanlage steigt jedoch in der dritten Potenz. Wie die Grafik zeigt, ergibt sich aus einer Verdopplung der Drehzahl eine Steigerung des Schallpegels um 15 dB.

# SITRAM® COOL – eine Lösung, so flexibel wie ihre Module



Um für jeden Kunden, jeden Transformator und jede Anlage eine maßgeschneiderte Lösung erstellen zu können, besteht SITRAM® COOL aus mehreren unabhängigen, aber aufeinander abgestimmten Modulen.

## **Vielfältige Aktivierungsoptionen**

Die Aktivierung der Lüfter geschieht vorzugsweise über den Laststrom als Einschaltwert und die Hot-Spot- bzw. Top-Oil-Temperatur als Ausschaltwert. Die Kühlung des Transformators beginnt, sobald der erhöhte Laststrom anliegt, wird aber erst abgeschaltet, wenn sich das Öl wirklich abgekühlt hat.

Je nach Aufgabenstellung stehen aber auch andere Ansätze zur Verfügung:

Bei dem Hot-Spot-Temperaturverfahren werden die Lüfter abhängig von der Hot-Spot-Temperatur an der kritischen Stelle in der Wicklung aktiviert.

Eine Alternative dazu ist die Steuerung über den Laststrom. Sie ermöglicht eine Kühlung noch bevor sich das Öl erhitzt.

Bei Anwendungen, die sich durch große Schwankungen der Umgebungstemperatur auszeichnen, kann das Differenztemperaturverfahren Anwendung finden. Dabei wird die Differenz zwischen Öl- und Umgebungstemperatur möglichst konstant gehalten und somit die Atmung des Transformators verringert.

Die Lüfter werden zeitverzögert aktiviert, wenn ein vorher definierter Grenzwert erreicht ist. Die weitere Steigerung der Kühlleistung kann in einer stufenweisen oder proportionalen Drehzahlerhöhung erfolgen.

## **Intelligente Abschaltung**

Wird der Ausschaltwert unterschritten, deaktivieren sich die Lüfter. Durch unterschiedliche Ein- und Ausschaltwerte wird eine Hysterese nachgebildet. Hierdurch wird ein kontinuierliches Ein- und Ausschalten der Lüfter vermieden, wenn der Parameterwert (Temperatur oder Strom) um den Einschaltwert schwankt.

## **Erhöhung der Betriebssicherheit**

Ebenso wie die anderen Parameter kann auch die Fehlerbehandlung für die jeweilige Anwendung angepasst werden: Bei Ausfall eines Messensors für die Temperatur bzw. den Strom oder wenn die Lüfter kein Signal mehr von der Steuerung bekommen, wird die Lüfterdrehzahl auf eine vorher definierte Drehzahl erhöht.

Erfolgt keine Rückmeldung der aktivierten Lüfter an die Steuerung, wird die Drehzahl der anderen Lüfter ebenfalls erhöht.

Herausgeber und Copyright © 2011:  
Siemens AG  
Energy Sector  
Freyeslebenstraße 1  
91058 Erlangen, Germany

Siemens AG  
Energy Sector  
Transformer Lifecycle Management™  
Katzwanger Straße 150  
90461 Nürnberg, Germany  
Tel.: +49 911/434 2751  
Fax: +49 911/434 2811  
E-Mail: TLM@siemens.com  
www.siemens.com/energy/TLM

Wünschen Sie mehr Informationen,  
wenden Sie sich bitte an unser  
Customer Support Center.  
Tel.: +49 180/524 70 00  
Fax: +49 180/524 24 71  
(Gebühren in Abhängigkeit vom Provider)  
E-Mail: support.energy@siemens.com

Power Transmission Division  
Bestell-Nr. E50001-G640-A192  
Printed in Germany  
Dispo 19200, c4bs Nr. 7487  
GB 100031 471965 WS 01112.0

Gedruckt auf elementar chlorfrei gebleichtem Papier.

Alle Rechte vorbehalten.  
In diesem Dokument genannte Handelsmarken  
und Warenzeichen sind Eigentum der Siemens AG  
bzw. ihrer Beteiligungsgesellschaften oder der  
jeweiligen Inhaber.

Änderungen vorbehalten.  
Die Informationen in diesem Dokument enthalten  
allgemeine Beschreibungen der technischen Möglich-  
keiten, welche im Einzelfall nicht immer vorliegen.  
Die gewünschten Leistungsmerkmale sind daher im  
Einzelfall bei Vertragsschluss festzulegen.