

# ALTANOVA

A DOBLE COMPANY



## Bewährte Methoden für die Beschaffung von Transformatoren

Martin Hesse  
Techimp Germany GmbH  
[mhesse@doble.com](mailto:mhesse@doble.com)

*Techimp Germany bzw. ALTANOVA, Unternehmen von Doble Engineering, bieten Versorgungs- und Industrieunternehmen diagnostische Lösungen zur Verbesserung der Leistung ihrer elektrischen Anlagen durch portable Prüfgeräte, fortschrittliche Überwachungssysteme und professionelle Dienstleistungen.*

# ALTANOVA-Geschichte

- 1938 ISA Istrumentazioni Sistemi Automatici Srl in Taino (I) wird gegründet.
- 1999 TECHIMP Srl wird als Spin-off der Universität Bologna (I) gegründet.
- 2016 TECHIMP GERMANY nimmt den Geschäftsbetrieb auf
- 2017 ISA und TECHIMP fusionieren und gründen die ALTANOVA GROUP
- 2019 INTELLISAW wird von der ALTANOVA GROUP akquiriert.
- 2021 Die ALTANOVA GROUP wird Teil der ESCO Technology Group und tritt der Doble Engineering Company als Teil der USG-Division bei.



# Doble-Geschichte

## 100 YEARS OF SERVICE TO THE ELECTRIC UTILITY INDUSTRY



<p><b>1920</b> Doble Safety Portable Telephone</p> 	<p><b>1922-1923</b> Type A &amp; B testers</p> 	<p><b>1928</b> Power factor test set</p> 	<p><b>1934</b> First Doble Client Conference</p> 	<p><b>1936</b> Frank Doble forms special advisory committee</p> 	<p><b>1942-1943</b> Type A &amp; B testers</p> 	<p><b>1949</b> Type MH power factor test set</p> 	<p><b>1951</b> First Doble survey of electric insulating mineral oils</p> 	<p><b>1956</b> Morgan Schaffer established in Montreal, Canada</p> 	<p><b>1972</b> TR-1 circuit breaker motion analyzer</p> 	<p><b>1978</b> Doble acquires Jodice Controls Corporation</p> 	<p><b>1982</b> Type F3/F35 series</p> 	<p><b>1987</b> TR3000 circuit breaker analyzers</p> 	<p><b>1989</b> AM100 circuit breaker monitor</p> 	<p><b>1990</b> Doble Test Assistant (DTA) software</p> 	<p><b>1993</b> M4000 high voltage apparatus tester</p> 	<p><b>1994</b> AMS-500 on-line dissolved hydrogen monitor</p> 	<p><b>2000</b> F6 series</p> 	<p><b>2000</b> Intelligent Diagnostic Devices (IDD)</p> 	<p><b>2003</b> Doble Power Test opens in the UK</p> 	<p><b>2005</b> Myklos™ portable dissolved gas analyzer</p> 	<p><b>2007</b> ESCO Technologies, Inc. acquires Doble Engineering Company</p> 	<p><b>2011</b> dobleAPMS™ asset risk management system</p> 	<p><b>2012</b> Xtensible Solutions joins the Doble team</p> 	<p><b>2013</b> M7100 high voltage asset analyzer</p> 	<p><b>2014</b> Condition monitoring system</p> 	<p><b>2015</b> ENOSERV joins the Doble team</p> 	<p><b>2016</b> Transient Cyber Asset (TCA) program</p> 	<p><b>2017</b> Morgan Schaffer and Vanguard Instruments join the Doble team</p> 	<p><b>2017</b> NRG Systems joins Doble's Utility Solutions Group</p> 	<p><b>2018</b> Manta Test Systems joins the Doble team</p> 	<p><b>2021</b> F8 Series</p> 	<p><b>2021</b> Altanova joins the Doble team</p> 	<p><b>2021</b> Phenix Technologies joins the Doble team</p> 
--	--	--	---	---	---	--	---	--	--	---	--	--	--	--	---	---	--	---	--	--	---	--	---	--	--	---	---	---	--	---	--	--	--



# ALTANOVA heute



**100**  
LÄNDER



**12** WELTWEITE  
STANDORTE



**150+**  
MITARBEITER



**150+**  
VERTRIEBSPARTNER



**5550+**  
KUNDEN WELTWEIT

Teil der Utility Solutions Group von ESCO  
Technologies

## PRODUKTMARKEN



# Unsere Lösungen

## Elektrische Mess- & Prüfgeräte

Unverzichtbar für die routinemäßige  
Wartung elektrischer Anlagen.

Nützlich in allen Phasen des  
Asset-Lebenszyklus:

- Beschaffung
- Betrieb
- Instandhaltung
- Außerbetriebnahme

## Professionelle Services

Umfassende Services für den gesamten  
Lebenszyklus elektrischer Betriebsmittel:

- Installation und Inbetriebnahme
- Zustandsbewertung
- Datenanalyse
- Beratung
- Training.



## Monitoringsysteme

Permanente Zustandsüberwachung

Wechsel von turnusmäßiger zu  
zustandsorientierter Instandhaltung.

Vermeidung von ungeplanten,  
kostenintensiven Ausfällen.

# Test- und Monitoringlösungen für:

- Leistungstransformatoren
- Leistungsschalter
- Gasisolierte HV-Schaltanlagen
- MS-/HS-/EHV-Kabel
- MS/NS-Schaltanlagen
- Batterien
- Strom- und Spannungswandler
- Schutzrelais
- Messgeräte und Wandler
- Rotierende Maschinen
- Antriebe mit variabler Geschwindigkeit
- Freileitungen



Transformatoren zählen zu den kritischen Betriebsmitteln, von denen eine zuverlässige Versorgung mit elektrischer Energie in hohem Maße abhängt.

Ihre Beschaffung, insbesondere die von Leistungs- und Spezialtransformatoren, erfordert große Investitionen, die wohlüberlegt sein wollen.

Lange Lieferzeiten sowie hoher Kostendruck im Rahmen der Beschaffung neuer Transformatoren haben dazu geführt, dass Hersteller rund um den Globus als Lieferanten genutzt werden.

Dies birgt jedoch unter Umständen Risiken, die von unseren Experten minimiert werden können, indem sie Netz- und Anlagenbetreiber, aber auch Hersteller, unter anderem bei der Erstellung von Transformatorspezifikationen unterstützen, Konstruktionsdesign und Angebotsunterlagen prüfen, Werkaudits durchführen, um Fabriken hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Qualitätssicherung zu inspizieren sowie Produktion und Werkabnahmeprüfungen begleiten.

# Beschaffungsprozess für Transformatoren

Das Thema dieses Webinars lautet also: **Wie kaufe ich einen Trafo ...**



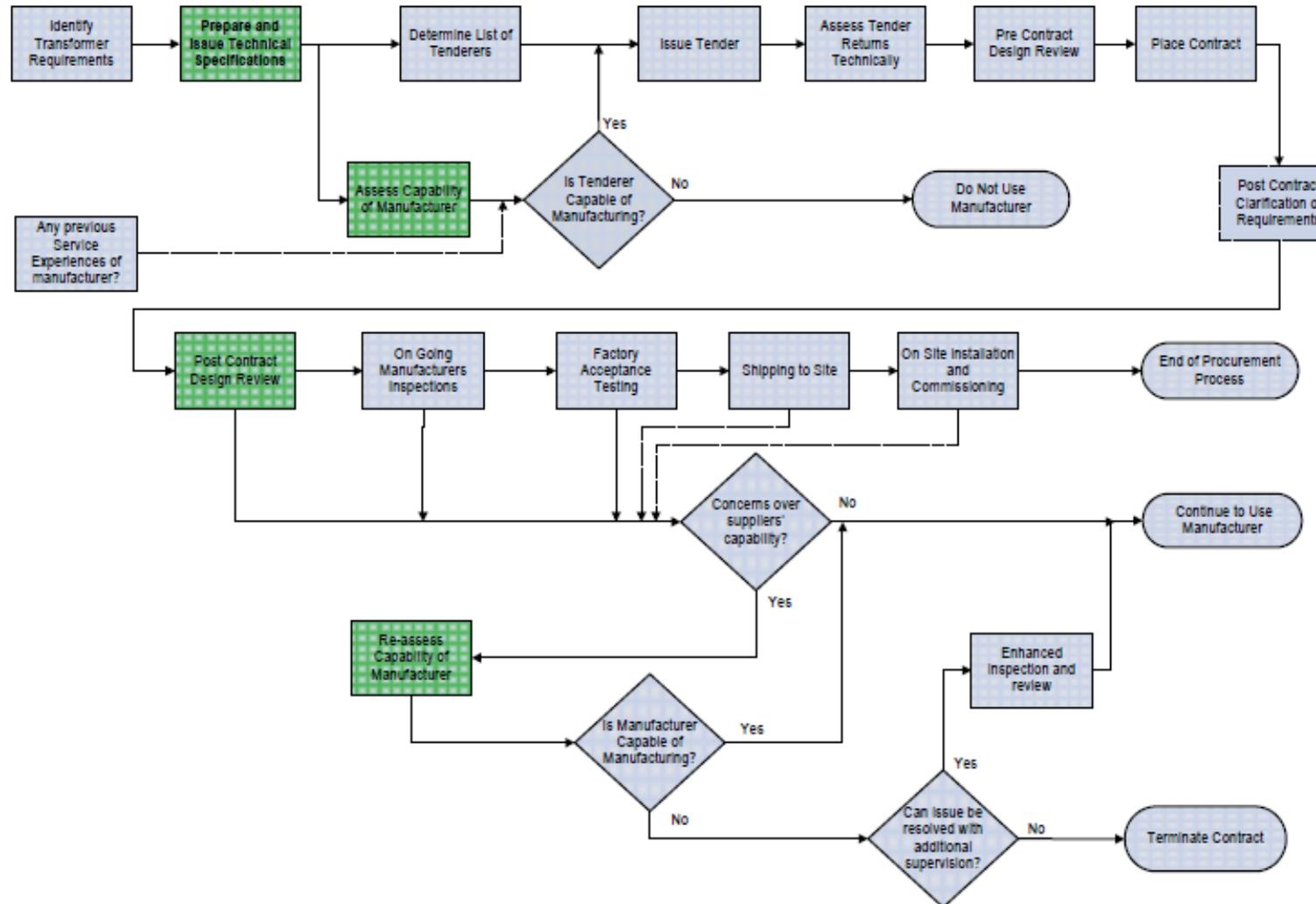
# Beschaffungsprozess für Transformatoren

... ohne dass es nach Inbetriebnahme hierzu kommt!



# Beschaffungsprozess für Transformatoren

Auszug aus den CIGRE-Broschüren 528 / 529 / 530



# Beschaffungsprozess für Transformatoren

## Schritt für Schritt durch den Beschaffungsprozess

- Identifizierung funktionaler Anforderungen
- Spezifikation
- Lieferantenauswahl
- Projektmanagement und Designprüfung
- Produktions- und Fortschrittskontrollen
- Abnahmetests

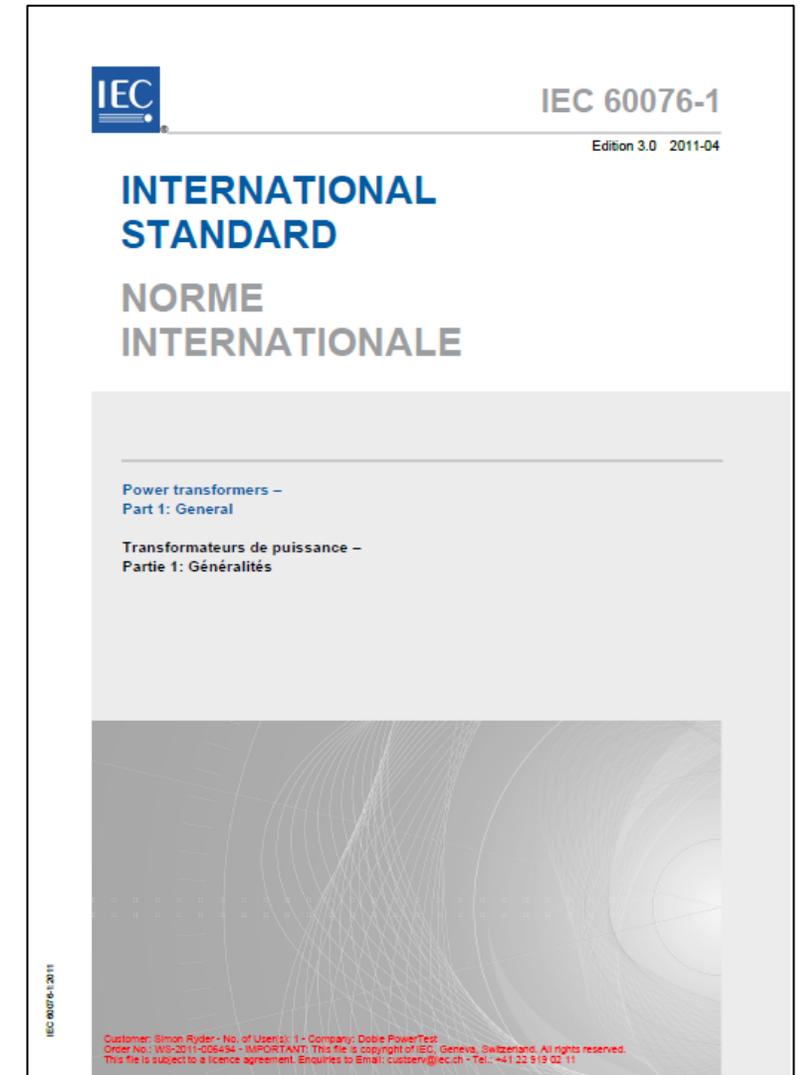
# Identifizierung funktionaler Anforderungen (normative Referenzen)

IEC-Norm 60076-1 beschreibt, welche Informationen für Angebotsanfrage und Bestellung benötigt werden:

- Allg. Angaben (Art d. Trafo, 1-/3-phasig,  $U_N$ , etc.)
- Spezielle Anforderungen an den Betrieb
- Informationen zum Parallelbetrieb mit bestehenden Transformatoren

Anhang A der Norm liefert eine umfangreiche Checkliste für die Erstellung eines Lastenheftes.

Weitere Orientierung bieten die IEC Normen 60076-2 bis 60076-8.



# Identifizierung funktionaler Anforderungen

Soll ein Ersatztransformator beschafft werden, muss dieser möglicherweise in seinen Abmessungen mit dem vorhandenen Transformator kompatibel sein, insbesondere bei direkten Kabel- oder GIS-Anschlüssen.

Die CIGRE-Broschüre 528 empfiehlt in diesem Fall die Bereitstellung folgender zusätzlicher Informationen:

- Gesamtzeichnung des vorhandenen Transformators
- Fundamentzeichnung des vorhandenen Transformators
- Grundrisszeichnung des Umspannwerkes
- Einzelheiten zu den Anschlüssen

# Beschaffungsprozess für Transformatoren

## Schritt für Schritt durch den Beschaffungsprozess

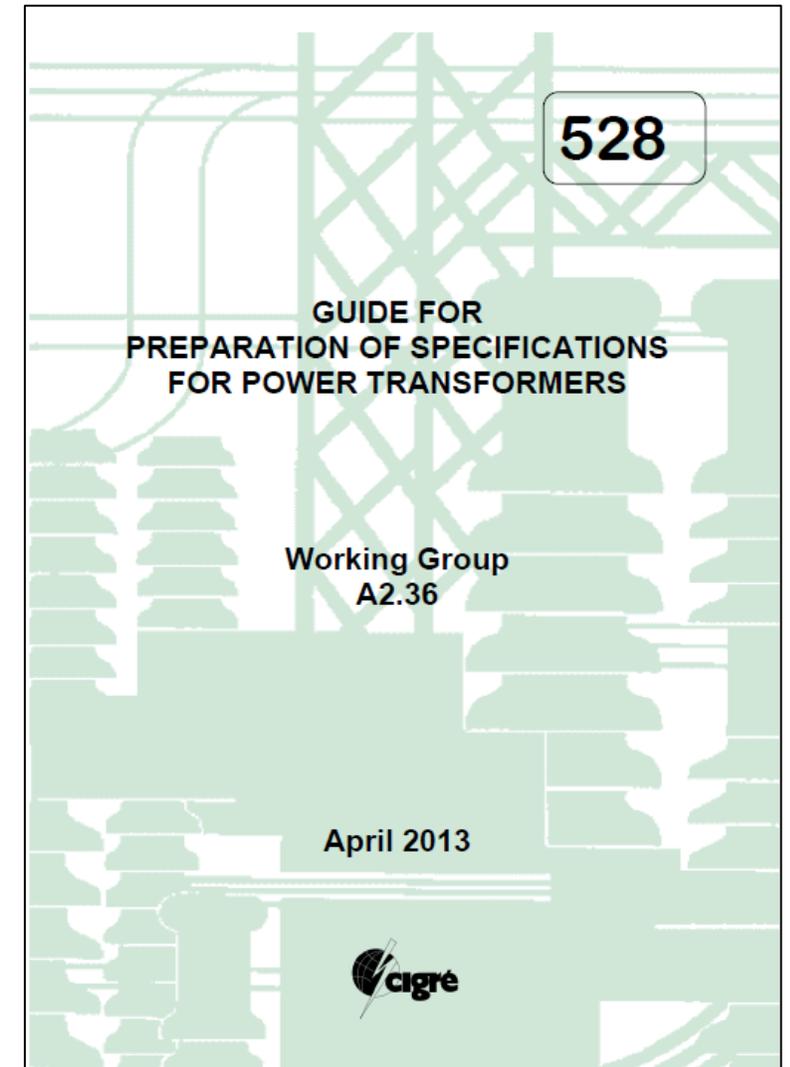
- Identifizierung funktionaler Anforderungen
- **Spezifikation**
- Lieferantenauswahl
- Projektmanagement und Designprüfung
- Produktions- und Fortschrittskontrollen
- Abnahmetests

# Spezifikation (normative Referenzen)

CIGRE-Broschüre 528

Anwendungsleitfaden für Spezifikationen zur  
Beschaffung von Leitungstransformatoren

IEC 60076-1



Laut CIGRE-Broschüre TB 528 muss eine Spezifikation zunächst Klarheit über den Lieferumfang geben.

- Grundlegende Beschreibung des Transformators (Typ, Nennwerte, Anwendung, etc.)
- Beschreibung zusätzlicher Anforderungen an die Ausstattung (Anschlüsse/Verkabelung Sensorik, Schwingungsdämpfung, etc.)

## Beispiel: Ersatz eines Generatortransformators: Grundlegende Beschreibung der Anforderungen



Der Auftragnehmer muss einen dreiphasigen Manteltransformator mit zwei Wicklungen liefern.

Der Transformator muss für den Freilufteinsatz geeignet sein, ölgefüllt, ONAF-gekühlt, Nennleistung 86 MVA - 245/13,8 kV, YNd1, Nennfrequenz 50 Hz, komplett mit Laststufenschalter und allem erforderlichen Zubehör.

Der Transformator ist für den Einsatz als Aufwärtstransformator für einen Wasserkraft-generator vorgesehen.

Die Leerlaufspannung auf der Hochspannungsseite und der Hauptanzapfung muss 241,5 kV und 13,2 kV auf der Niederspannungsseite betragen.

Der nächste Abschnitt der TB 528 beschreibt das Einsatzgebiet des Transformators.

Eine Angabe des genauen Einsatzgebietes ist besonders wichtig, wenn der Transformator für einen unkonventionellen oder besonderen Anwendungsfall angeschafft werden soll,

z. B. als Gleichrichtertrafo, für Lichtbogenöfen, für den Schienenverkehr, für Hochleistungsmotoranwendungen, etc.

Vor einer Anfrage, spätestens jedoch vor Vertragsabschluss, sollten etwaige Zweifel über den Verwendungszweck des Transformators ausgeräumt werden.

## Beispiel: Ersatz eines Generatortransformators: Beschreibung zusätzlicher Anforderungen an die Ausstattung



Die Mindestausstattung für den Transformator und seine Zubehörteile muss Folgendes beinhalten:

- Die Hoch- und Niederspannungsanschlüsse des Transformators sind für den Netzanschluss vorbereitet.
- Die Anschlussklemmen im Schaltschrank des Transformators.
- Die Räder und Erdbebenbefestigungen werden auf den Schienen und Fundamenten montiert.

Interne Verkabelung, z.B. Kabel von Sensoren und anderen, mit dem Transformator gelieferten Zusatzgeräten müssen vom Auftragnehmer bereitgestellt und an die Klemmleisten angeschlossen werden. Alle Verbindungen und Anschlussklemmen müssen deutlich gekennzeichnet sein.

Alle Kabel müssen von unten in die Steuerschränke eingeführt werden.

Nach TB 528 müssen als nächstes die Betriebsbedingungen des Transformators beschrieben werden. Dies umfasst u. a.

- Allgemeine Beschreibung des Netzes
- Sternpunktbehandlung
  - Erdung
  - besondere Betriebsbedingungen
- Kurzschlussfestigkeit
- Übererregung
- DC Magnetisierung
- harmonische Oberschwingungen
- Last
- Sternpunktbelastung

## Beispiel: Gleichrichtertransformator für fossile Kraftwerke.

Folgende Besonderheiten dieser Anwendung wurden bei der Spezifikation nicht hinreichend berücksichtigt:

- Harmonische Verzerrung des Laststroms >5 %
- Hohe Umgebungstemperaturen
- Hohe Staubbelastung



## Resultat:

6 von insgesamt 30 installierten Transformatoren fielen in den ersten 10 Betriebsjahren aus!

.

# Spezifikation

## Beispiel: HGÜ-Transformator

In der Spezifikation fehlte die Angabe zur besonderen Anforderung an die Isolationswerte und der Auftragnehmer setzte diese zu niedrig an.

## Resultat:

Dielektrischer Fehler aufgrund des unzureichenden Isolationswiderstandes.



# Beschaffungsprozess für Transformatoren

## Schritt für Schritt durch den Beschaffungsprozess

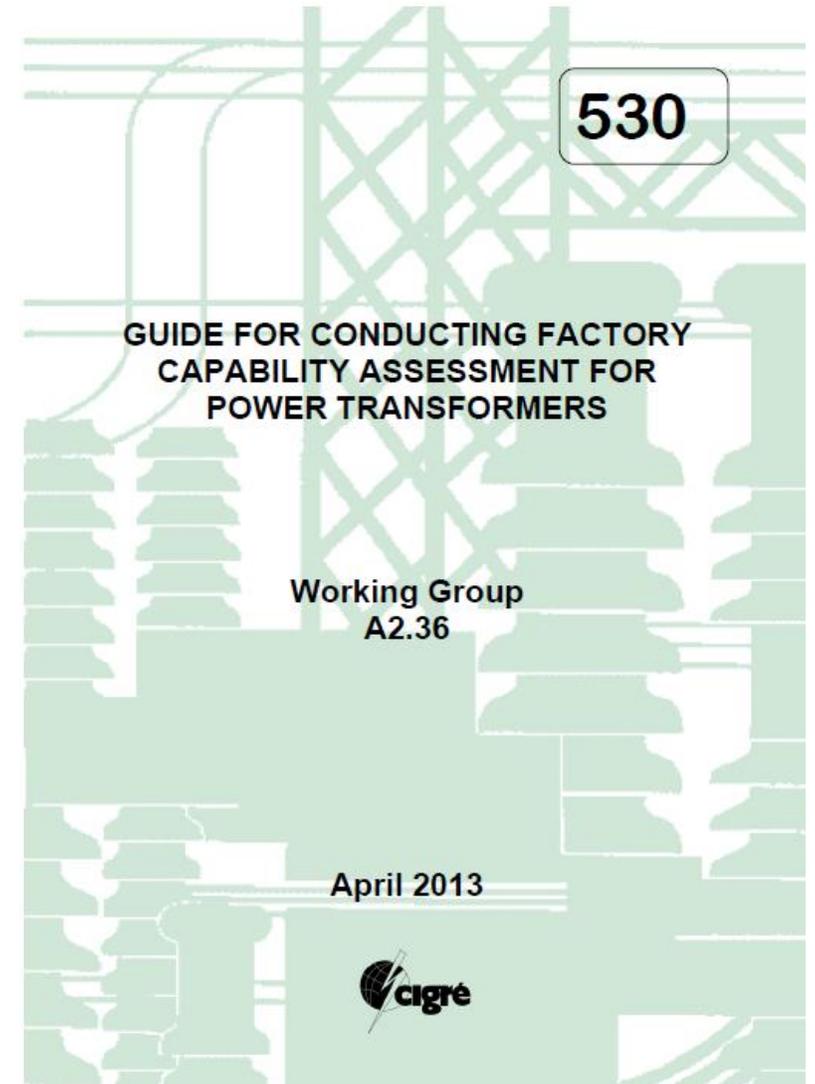
- Identifizierung funktionaler Anforderungen
- Spezifikation
- **Lieferantenauswahl**
- Projektmanagement und Designprüfung
- Produktions- und Fortschrittskontrollen
- Abnahmetests

# Lieferantenauswahl (normative Referenzen)

CIGRE-Broschüre 530

Leitfaden zum Werksaudit von Herstellern  
von Leistungstransformatoren

Qualitätsmanagementsystem ISO 9001



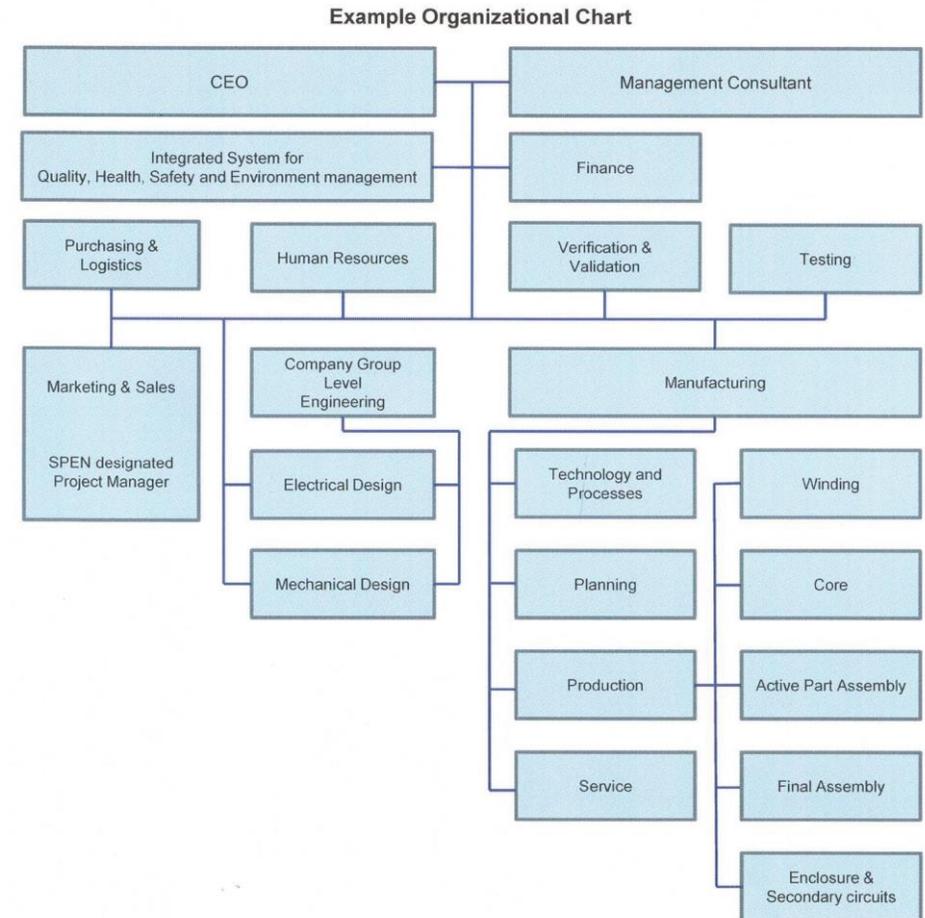
Die erste Frage an das Qualitätsmanagement eines Lieferanten ist, welche Managementverfahren und -systeme sind implementiert, um sicherzustellen, dass die Erwartungen und Anforderungen der Kunden erfüllt werden.

# Lieferantenauswahl

Bewertung des Managements und dessen Struktur.

Wichtige Punkte dabei sind:

- Wird das Qualitätsmanagement durch die Organisationsstruktur unterstützt?
- Was beinhaltet das Aufgabengebiet des Qualitätsmanagers und der -abteilung?
- Wie sieht die Zusammenarbeit mit anderen Abteilungen aus?



Die nächste Frage lautet, welche Prozeduren und Mechanismen werden angewandt, um sicherzustellen,

- dass der Transformator korrekt gebaut wird (Designverifizierung)
- dass der richtige Transformator gebaut wird (Designvalidierung).

... und des Weiteren,

wo findet die Überprüfung des Kunden-Designentwurfs in diesem Prozess ihren Platz?

Um einen Transformator zu bauen, werden unzählige Komponenten benötigt, die zu einem Großteil von Zulieferern stammen. Somit ist es unerlässlich, zu beurteilen, ob diese Komponenten alle Qualitätsansprüche erfüllen.

Daher wird ermittelt, welche Verfahren das Qualitätsmanagement für die Prüfung und Kontrolle von Zulieferteilen und -materialien einsetzt, wie zum Beispiel:

- Werden Zulieferern die erforderlichen Spezifikationen und Dokumentationen zur Verfügung gestellt, um Teile und Materialien zu liefern, die den Anforderungen entsprechen?
- Wie sieht die Eingangsprüfung und Qualitätskontrolle von Zulieferteilen aus?

# Lieferantenauswahl – Produktion

Welche Systeme und -verfahren gibt es zur Qualitätsüberwachung und -prüfung im Rahmen der Produktion?

Wie sieht die Dokumentation der Qualitätssicherung aus?

Wie werden bei laufenden Arbeiten festgestellte Mängel an Komponenten und Materialien gemeldet und behoben?

Wer meldet Mängel und wer bearbeitet und dokumentiert die Meldungen sowie das Beheben der Mängel?

Neuzustellende Punkte durchstrichen und abhaken, / Ausführender = A, Qualitätsprüfer = Q, Meister = M

Nr.	Überprüfungspunkte	Prüfer	Datum	A	QM	Bemerk.
1	Abschirmung, beziehungsweise Isolation der Außenwickel ist nach Zeichnung ausgeführt.	A	28.1			Erweitert
2	Unterer Spulenaufbau ist waagrecht montiert und den Jochen angepaßt.	A	28.1			
3	Lage der Teilung und Spulenbohrungsöffnungen vor Ausführen der Wicklungen überprüft.	A	28.1			
4	Unterer Spulenaufbau überprüft.	Technik	QM	28.1		
5	Schutz gegen Verschmutzung der Aufbauteile bei der Wicklungsmontage ist vorhanden.	A	28.1			
6	Anbringen der Isolation und der Abschirmung nach Zeichnung ausgeführt. Alle Teile sind unbeschädigt und richtig positioniert.	A	28.1			
7	Beim Ausführen der Wicklungen: - Ausrichtung der Wicklungs-Spacerringe mit den gemeinsamen Spacerungen überprüft - Ring- und Kranenteile sind unbeschädigt	A QM	28.1			
8	Nach Ausführen der Wicklungen vor Montage des oberen Spulenaufbaus Kanäle und Isolationen überprüft.	Technik	QM	28.1		
9	Isolation, gemeinsamer Zwischenlagerung, Pressring und Pressklötze wurden gemäß Zeichnung montiert	A QM	28.1			
10	Preßbolzen und Isolation sind gemäß Zeichnung montiert und Schrauben sind gegen lockern gesichert.	A	28.1			
11	Montagepreßdruck ist <del>1000</del> bar / Schenkel mit <del>1000</del> mm Stangen oder <del>1000</del> mm Heber vor dem Einschichten des oberen Jochs	A	28.1			UNTERSCHIED
12	Spulenhöhe ist <del>1000</del> mm vor dem Einschichten des oberen Jochs	A QM	31.1			
13	Jochschute ist richtig eingelegt.	A	28.1			
14	Spulendruckplatten unten angeleimt.	A	28.1			schlecht
15	Spulendruckplatten oben angeleimt.	A	28.1			schlecht
16	Richtige Blechmenge im oberen Joch eingelegt. Lufthöhe entsprechen den vorgegebenen Toleranzen. Abstand zwischen den Preßbolzen OS->US kontrolliert Soll <del>1000</del> mm, Ist <del>1000</del> mm, Toleranz <del>1000</del> mm	A	28.1			
17	Obere Preßbolzen sind lackiert, gereinigt und ohne Schäden. Abstand zwischen oberen und unteren Preßbolzen <del>1000</del> mm +/- <del>1000</del> mm	A	28.1			
18	Abschirmen zueinander und angeleimt.	A QM	28.1			

Bitte die Rückseite beachten !

Material-Nr. 1 ZX 209 815	Proj. Nr.	Typ LPMN TraloStar	Blatt 1
Produktion GE / Dof 01-08-31	Produktion-Abteilung LQ	Sigma Card (T4)	Blatt 2
Montage GE / Schraube 01-08-31	Montage-Abteilung	Aktivteilmontage	
Werkstoff	Werkstoff-Nr.	101110	
	Werkstoff-Nr.	XDE 209815-CYE	

Während und nach Abschluss der Produktion sind verschiedene Tests und Prüfungen erforderlich.

Somit stellen sich weitere Fragen an den leitenden Testingenieur oder den Qualitätsmanager, wie z.B.:

- Welche Tests / Prüfungen wurden durchgeführt (Messmethode/-verfahren)?
- Welche Ausrüstung wurde verwendet (Messgeräte, Hersteller)?
- Wie werden die Ergebnisse dokumentiert?
- ... und wie werden sie dem Kunden präsentiert?

Nach Fertigstellung sind noch einige abschließende Punkte zu klären, wie z.B.:

- Wer verantwortet die Prüfung, ob der Transformator sämtliche Kundenanforderungen erfüllt?
- Wurden alle Prüfungen erfolgreich bestanden?
- Liegt die vollständige Dokumentation vor?

Oder einfach:

Wer erteilt abschließend die Freigabe, dass der Transformator bereit für den Transport zum Kunden ist?

## Schritt für Schritt durch den Beschaffungsprozess

- Identifizierung funktionaler Anforderungen
- Spezifikation
- Lieferantenauswahl
- **Projektmanagement und Designprüfung**
- Produktions- und Fortschrittskontrollen
- Abnahmetests

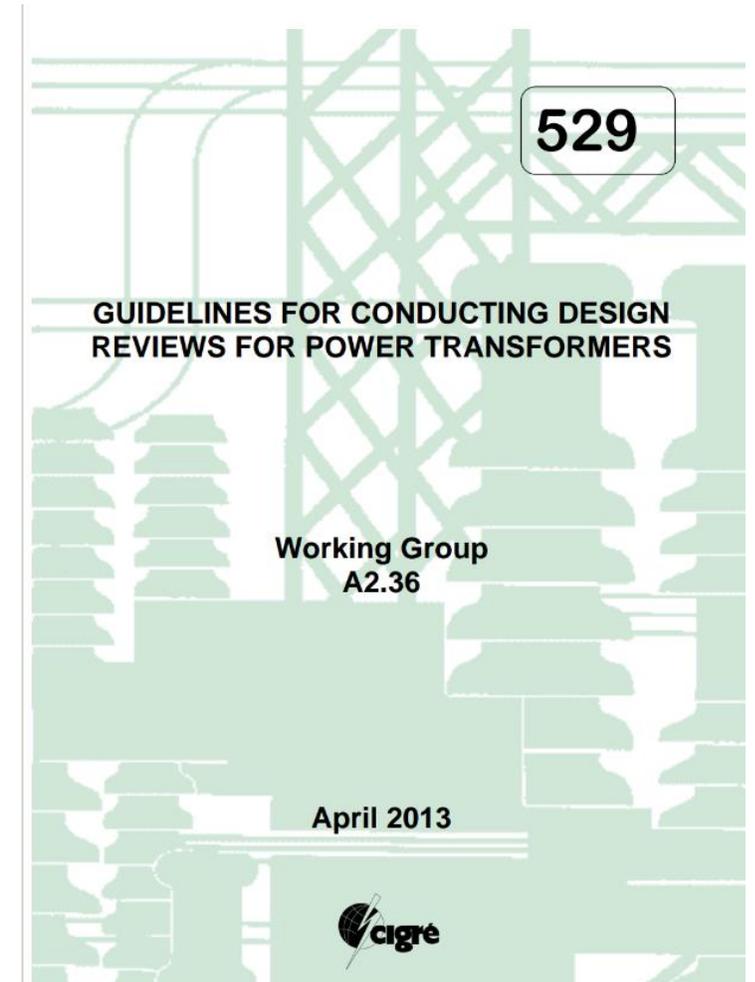
# Designüberprüfung

Ziel der Designüberprüfung ist laut CIGRE-Broschüre 529 wie folgt:

Die Entwurfsüberprüfung wird durchgeführt, um sicherzustellen, dass beide Vertragsparteien das zukünftige Einsatzgebiet des Transformators und die Anforderungen der dafür geltenden Standards und Spezifikationen verstehen.

Sie ist für beide Parteien die Gelegenheit, den vorgeschlagenen Entwurf auf Herz und Nieren zu prüfen, um sicherzustellen, dass er nicht nur den technischen Anforderungen, sondern auch andere Aspekte des Vertrags, wie z. B. der Qualitätssicherung, gerecht wird.

Bei einer Entwurfsüberprüfung liegt der Schwerpunkt darauf, festzustellen, ob das bereitgestellte Produkt in jeder Hinsicht für die beabsichtigte Anwendung im Betrieb geeignet ist und ob der Lieferant bewährte Materialien, Designwerkzeuge, Methoden und Erfahrungen verwendet, um sicherzustellen, dass das Endprodukt diese Anforderung in allen Belangen erfüllt.



## Zusammenfassend:

- Sicherstellung, dass ein klares gegenseitiges Verständnis der technischen Anforderungen besteht.
- Überprüfung der System- und Projektanforderungen gemäß der Spezifikation unter Berücksichtigung von Bereichen, die möglicherweise besondere Aufmerksamkeit erfordern.
- Sicherstellung, dass das aktuelle Design den technischen Anforderungen entspricht.
- Identifizierung sämtlicher Prototypfunktionen und Bewertung ihrer Zuverlässigkeit und Risiken.

(Fortsetzung)

# Designprüfung

- Identifizierung relevanter Designspielräume im Vergleich zu Testanforderungen und die mögliche Bedeutung der Designspielräume für die Lebensdauerleistung des Transformators.
- Identifizierung möglicher Verbesserungen.

Es empfiehlt sich, die Entwurfsüberprüfung durchzuführen, bevor der Lieferant Komponenten und Materialien bestellt, sodass etwaige Änderungen weder für den Lieferanten noch für den Käufer Auswirkungen auf die Kosten oder die Lieferzeit haben.

In der Praxis müssen einige Komponenten und Materialien möglicherweise vor der Designüberprüfung bestellt werden, um den vereinbarten Lieferplan einzuhalten. Dies ist am häufigsten bei Hochspannungsdurchführungen der Fall, da sie in der Regel die Komponente mit der längsten Vorlauf-/Lieferzeit sind.

# Designüberprüfung

Die CIGRE-Broschüre 529 enthält einen Blanko-/Modellbericht zum elektrischen Design sowie ein vollständiges Beispiel.

Diese Vorlage bietet ausreichend Informationen, wie eine Designüberprüfung grundsätzlich auszusehen hat und was eine Überprüfung enthalten sollte, wie z.B. Übersetzungsverhältnis, Leerlaufverluste u. Leerlaufstrom, Lastverluste und Impedanz, etc.

WG A2-36 Guide for conducting design review for power transformers

**Winding Arrangement**

Supplier to modify sketch as required and provide all dimensions indicated  
For layer windings, provide the dimensions and turns for each layer  
For layer and helical windings possessing a helix, state the average winding height and state the helix dimension in each winding.

State innermost cylinder diameter, thickness and axial height \_\_\_\_\_  
Is a core leg shield provided? \_\_\_\_\_  
If yes: - describe core shield construction and \_\_\_\_\_  
- state core shield inside and outside diameters and \_\_\_\_\_  
axial height \_\_\_\_\_

48

## Schritt für Schritt durch den Beschaffungsprozess

- Identifizierung funktionaler Anforderungen
- Spezifikation
- Lieferantenauswahl
- Projektmanagement und Designprüfung
- **Produktions- und Fortschrittskontrollen**
- Abnahmetests

Fortschrittskontrollen werden in der Regel in der Designprüfungsphase anhand des Qualitätsplans und des Fertigungsprogramms festgelegt.

Aufgrund unserer Erfahrungen schlagen wir folgenden Kontrollen vor:

## Generell

- Kern und Wicklungen vor dem Trocknungsprozess
- Abschlussprüfung

## Zusätzlich (bei kritischen Projekten)

- Fertigstellung der Wicklungen
- Fertigstellung des Kerns
- Kern und Wicklungen nach Abschluss des Trocknungsprozesses

In Sonderfällen können weitere Inspektionen erforderlich sein.

Vor dem Trocknungsprozess durchzuführende Kontrollen:

- Sauberkeit und Ordnung des Arbeitsbereiches
- Deutliche Kennzeichnung von Kern- und Wicklungsbaugruppe, Komponenten und Materialien.
- Verfügbarkeit von Zeichnungen und erforderlichen Unterlagen ... und, passen diese zum Transformator?
- Vorliegen ordnungsgemäß komplettierter Qualitätschecklisten
- Ordnungsgemäße Lagerung von Komponenten und Materialien

(Fortsetzung)

- Wurden alle Werkzeuge und Materialreste von der Kern- und Wicklungsbaugruppe entfernt?
- Überprüfen des Kerns, insb. des oberen Jochs:
  - Gibt es sichtbare Lücken im Kern?
  - Gibt es sichtbare Schäden an den Kernblechen, insb. an den Ecken?
  - Gibt es sichtbare Wellen der Kernoberfläche?
  - Sind die Kernhalterungen korrekt montiert und ausgerichtet?
  - Sitzen Kernschrauben und Bänder korrekt und sind diese markiert?

(Fortsetzung)

- Sind Kernerdungsbänder korrekt montiert?
- Wurden Kernkühlungskanäle elektrisch „überbrückt“?
- Überprüfung sämtlicher sichtbarer Wicklungen hinsichtlich:
  - Leiter- oder Isolationsschäden
  - Verwendung zu viel Leims bzw. Leimrückstände
  - Verschmutzung
- Sitzen die Wicklungsenden korrekt?

(Fortsetzung)

- Wurden die Wicklungsanzapfungen f. den Stufenschalter beschriftet?
- ... haben diese ausreichend mechanische Festigkeit und sitzen die entsprechenden Halterungen korrekt?
- Gibt es Beschädigungen an den Ableitungen?
- Gibt es Verschmutzungen auf den Ableitungen
- Sind sämtliche Schraubverbindungen markiert und sitzen diese korrekt?

# Produktions- und Fortschrittskontrollen

- Sind die Abstände ausreichend?
- Sind Befestigungselemente an oder neben den Ableitungen  
- dort wo erforderlich - mit Schutzkappen ausgestattet?
- Sitzen die Halterungen des Stufenschalters und sind diese korrekt montiert?
- Sind die Stufenschalterleitungen korrekt montiert?

Die meisten Hersteller führen in dieser Phase auch einige elektrische Tests durch, hauptsächlich um zu überprüfen, ob alle Leitungen richtig angeschlossen sind.

Empfohlen sind Prüfungen

- der Kern-/Rahmenisolierung
- der montierten Stromwandler
- des Übersetzungsverhältnisses
- des Wicklungswiderstandes

# Produktions- und Fortschrittskontrollen

Werkzeuge wurden auf der oberen Isolierung vergessen



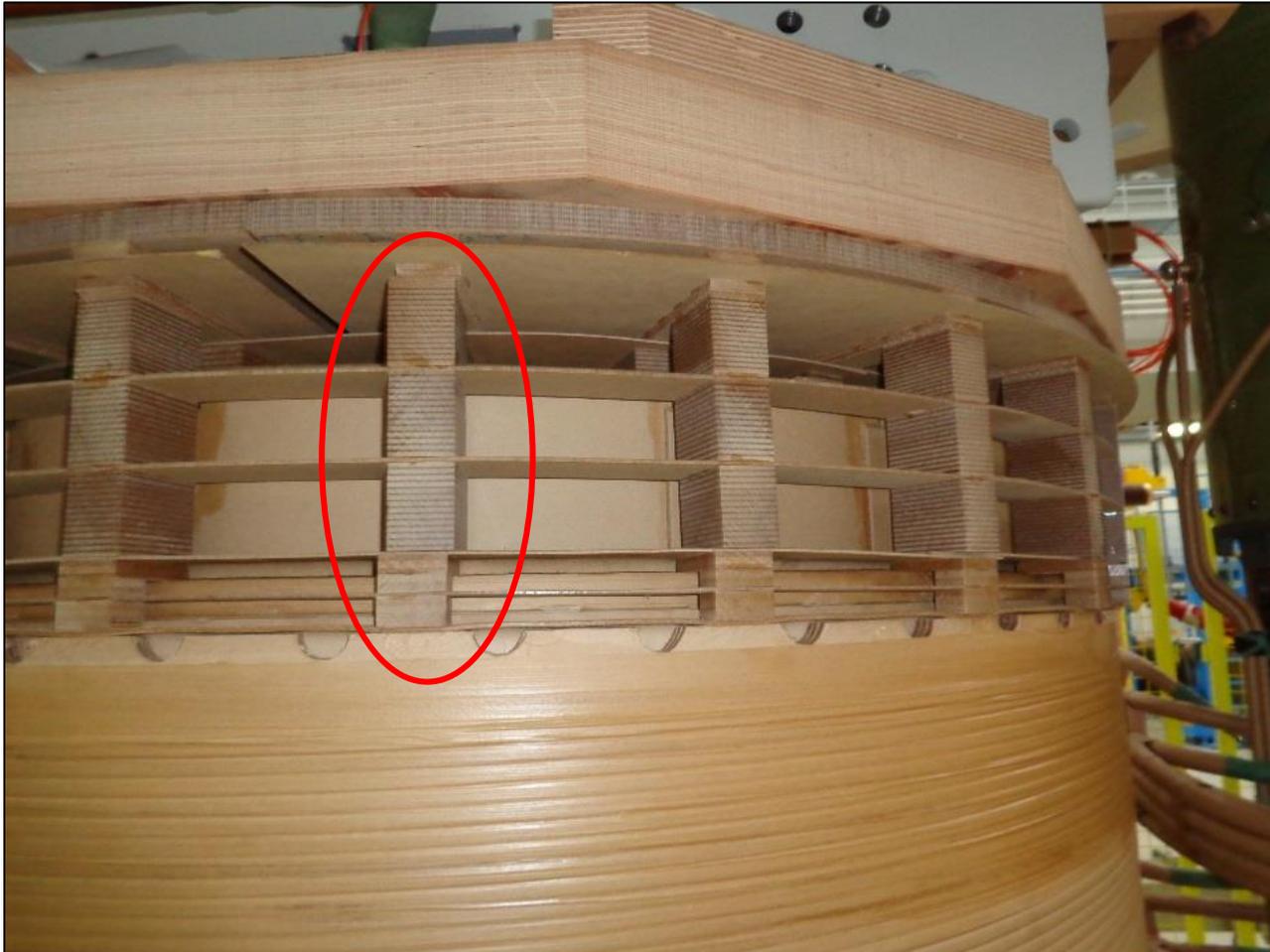
# Produktions- und Fortschrittskontrollen

## Leimspuren auf der Pressspanoberfläche



# Produktions- und Fortschrittskontrollen

## Falsch ausgerichtete Halterungen



# Produktions- und Fortschrittskontrollen

## Materialreste auf einer Kernhalterung



# Produktions- und Fortschrittskontrollen

## Beschädigte Ableitungsisolierungen

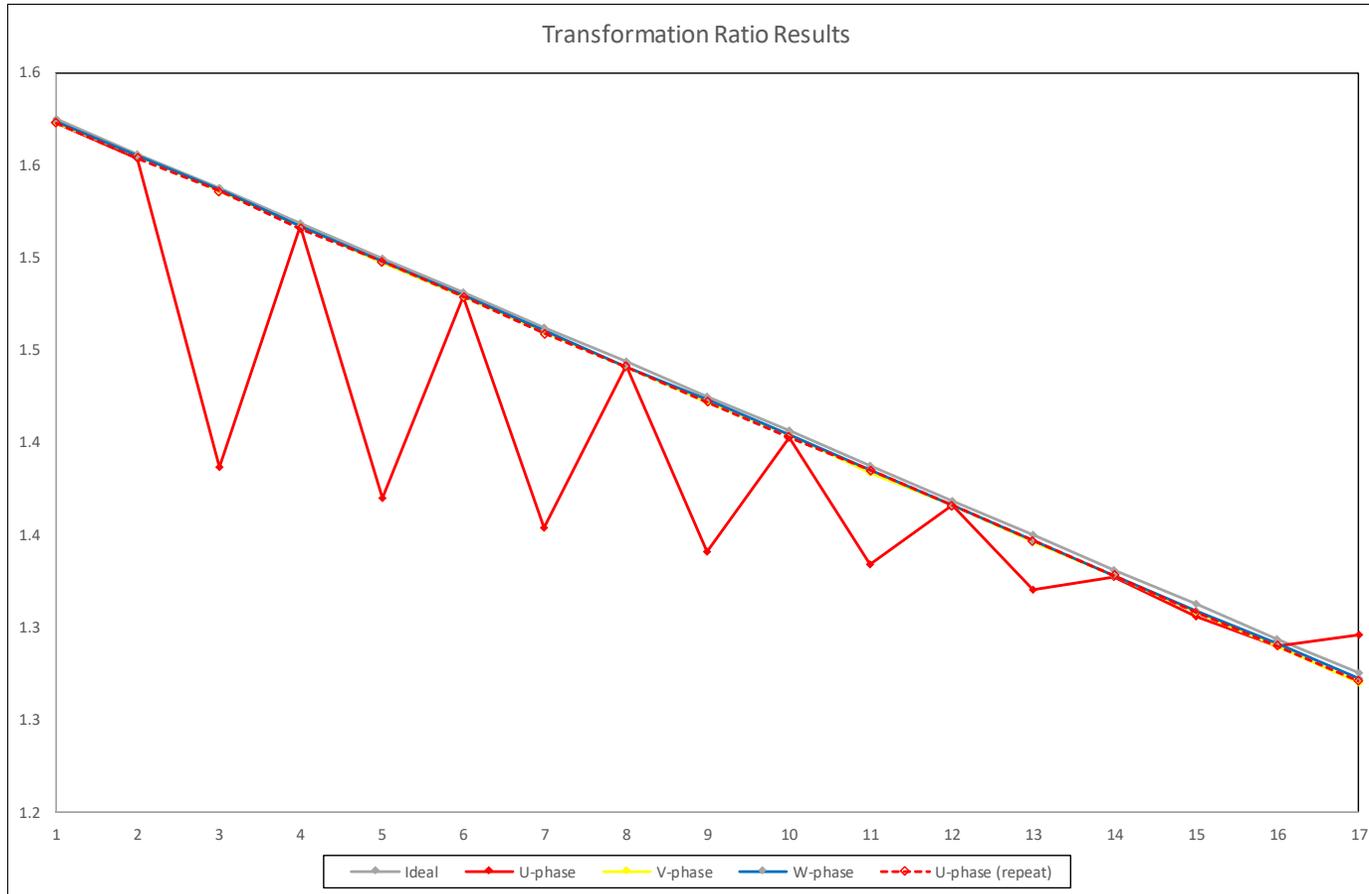


# Produktions- und Fortschrittskontrollen

## Fehlender Stufenschalter bei der Inspektion



## Falsches Übersetzungsverhältnis durch defekten Laststufenschalter



## Schritt für Schritt durch den Beschaffungsprozess

- Identifizierung funktionaler Anforderungen
- Spezifikation
- Lieferantenauswahl
- Projektmanagement und Designprüfung
- Produktions- und Fortschrittskontrollen
- **Abnahmeprüfung**

Abnahmeprüfungen an Transformatoren werden durchgeführt,

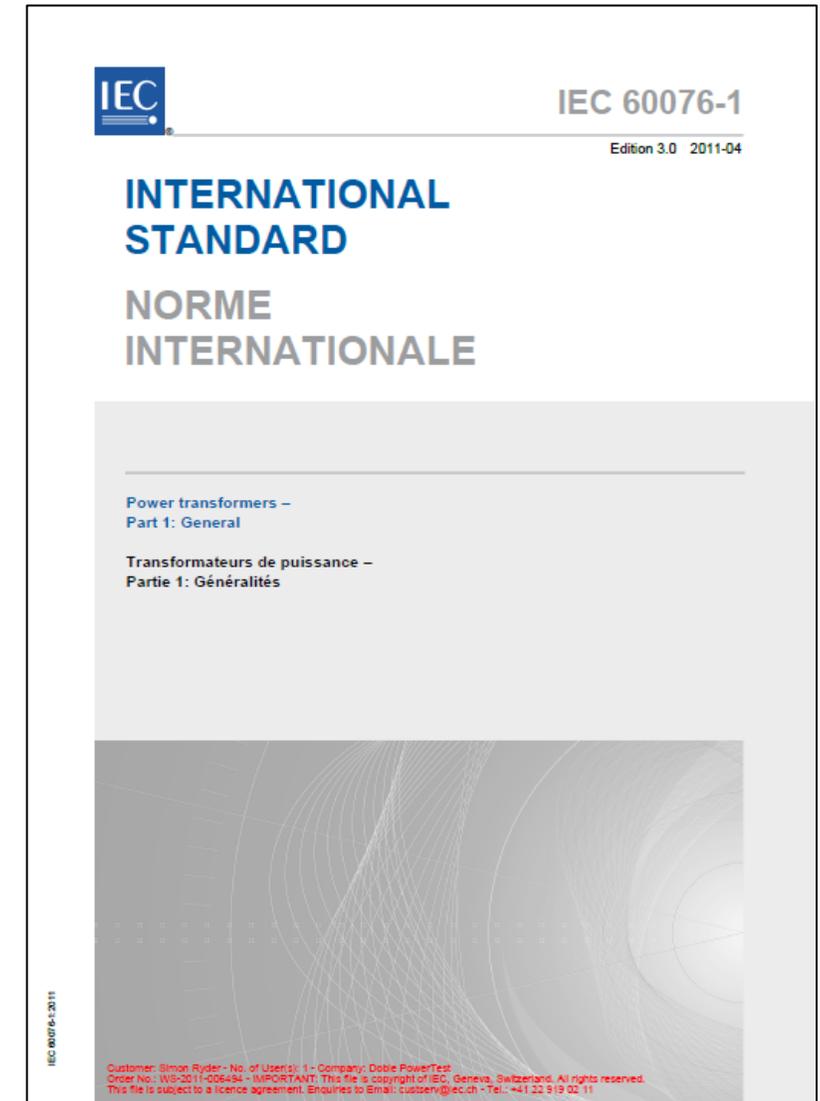
- um die Designqualität sicherzustellen.
- um die Verarbeitungsqualität sicherzustellen.
- um sicherzustellen, dass die Erwartungen und Anforderungen des Kunden eingehalten werden, insbesondere die garantierte Werte.
- um Referenzwerte für Prüfungen vor der Inbetriebnahme und für zukünftige Zustandsbewertungen zu haben.

# Abnahmeprüfung

Die wichtigste anwendbare Norm für Leistungstransformatoren ist IEC 60076-1.

Sie enthält die Mindestanforderungen für Routine- und Typprüfungen.

Außerdem beschreibt sie Methoden für die wichtigsten Funktionstests.

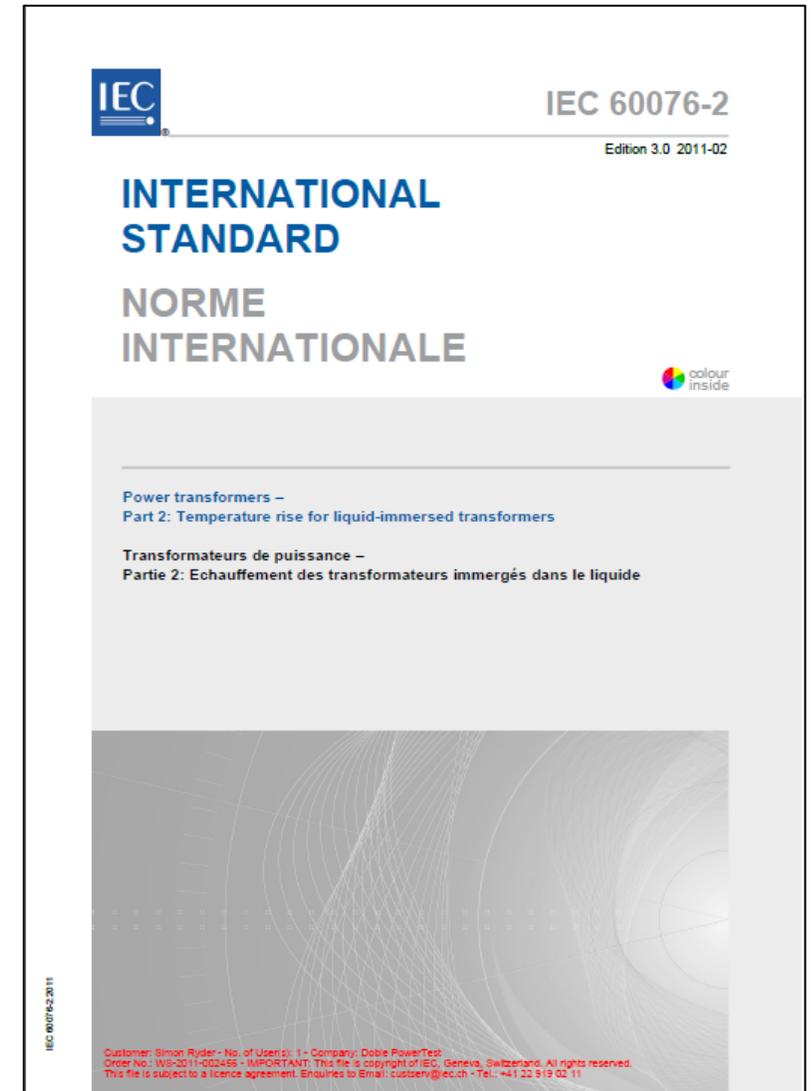


# Abnahmeprüfung

Teil 2 der IEC 60076 identifiziert Transformatoren nach ihren Kühlmethoden, definiert Grenzwerte für den Temperaturanstieg und beschreibt die Prüfmethoden für Temperaturanstiegsmessungen.

Sie gilt für Transformatoren im Sinne der IEC 60076-1.

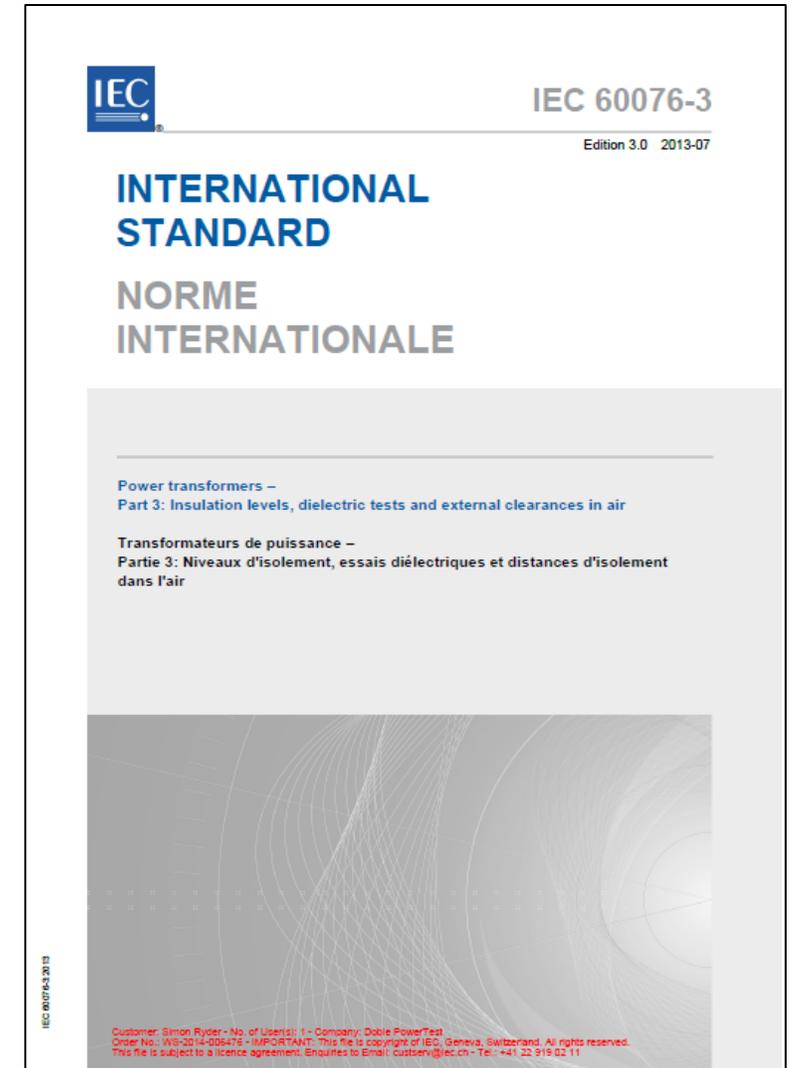
*Bemerkung: Teil 2 deckt nur den Temperaturanstieg bei Nennleistung ab. Der Temperaturanstieg über die Nennleistung hinaus und auch der dynamische Temperaturanstieg werden durch den Belastungsleitfaden (IEC 60076-7) abgedeckt.*



# Abnahmeprüfung

Teil 3 der IEC 60076 beschreibt dielektrische Prüfungen sowie die Spezifikation von Isolationsniveaus und äußeren Abständen in Luft.

*Bemerkung: Für dielektrische Prüfverfahren gibt es eine eigene Norm (IEC 60060-1), die für alle Arten von Betriebsmitteln gilt, nicht nur für Transformatoren.*



Eine Übersicht der gängigsten Prüfungen:

- Wicklungswiderstand
- Übersetzungsverhältnis
- Lastverlust und Impedanz
- Leerlaufverlust und Strom
- Nullimpedanz
- Funktion des Stufenschalters
- Druck (Leckage & Auslenkung)
- Vakuum (Leckage & Auslenkung)
- Isolationswiderstand (Wicklungen & Kern/Rahmen)
- Kapazität und Leistungsfaktor (Wicklungen & Durchführungen)
- Temperaturanstieg
- Blitzstoßspannung
- Schaltstoßspannung
- Anliegende Spannung
- Induzierte Spannung
- Schallpegel
- Übertragungsfunktionsanalyse (SFRA)

# Abnahmeprüfung

Wir empfehlen, einen detaillierteren Prüfplan mit Einzelheiten zu jeder Prüfung bereitzustellen, einschließlich

- Zweck der Prüfung
- Methode
- Zu verwendende Ausrüstung
- Gegebenenfalls zu erwartende Ergebnisse
- Akzeptanzkriterien

## 6. MEASUREMENT OF NO-LOAD LOSS AND CURRENT

This test will be carried out in compliance with IEC 60076-1, clause 11.5. The PST will be supplied through the tertiary winding (see paragraph 1), at frequency 50Hz, in order to induce the rated voltage of 132kV at the terminal 2U-2V-2W.

The position of the changers shall be:

- CSC1 (in-phase REG) = pos. 10
- CSC2 (quadrature REG) = pos. 17

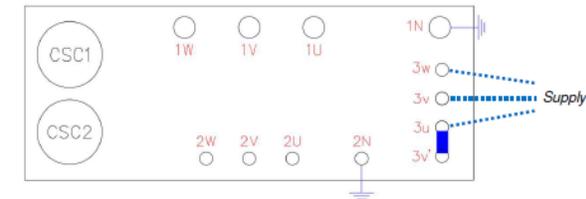


Figure 3: No-Load test configuration

Measurements at 90%, 100%, and 110% of the rated voltage will be carried out.

### Guaranteed values:

- Reference: 60 MVA, ratio 220/132-66 kV, angle 0°.
- CSC1 (in phase REG) pos. 10, CSC2 (quadrature REG) pos. 17
- $P_0 \leq 34.5$  kW
- $I_0 \leq 0.2\%$

Being a variable flux transformer given the power supply on the LV side, the losses and no-load current will be measured considering the induction with the CSC positions in quadrature with maximum angle.

- Reference: 60 MVA, ratio 220/132-66 kV, angle  $\pm 15^\circ$ .
- CSC1 (in phase REG) pos. 10, CSC2 (quadrature REG) pos. 17
- $I_0 \leq 0.25\%$

# Abnahmeprüfung

Kontrollieren Sie bei jeder Prüfung

- die gültige Kalibrierung des Prüfgerätes.
- ist das Prüfgerät richtig angeschlossen?
- dass keine unzulässigen Korrekturfaktoren angewendet wurden.
- dass alle Ergebnisse zur Überprüfung bereitgestellt werden, einschließlich so vieler Rohdaten wie erforderlich.
- dass alle Ergebnisse die vereinbarten Akzeptanzkriterien erfüllen.

		TEST REPORT	
		Destination:	
CUSTOMER:		Date:	
JOB N°	SERIAL NUMBER N°	Page:	25
<b>Measurement of the losses</b>			
Tap changer position: 1			
Ur: 220 kV			
Ir: 97.1 A			
Supplied terminals: U-V-W (Three phase supply)			
<b>Voltage, current and losses measured by bridge</b>			
Test temp: 29.5 °C			
Phase A			Phase B
Test freq:	50.0 Hz	Test freq:	50.0 Hz
Test Current:	97.3 A	Test Current:	95.784 A
Test Voltage:	130.64 kV	Test Voltage:	128.24 kV
Test Losses:	21.41 kW	Test Losses:	18.43 kW
Losses at Ir:	21.32 kW	Losses at Ir:	18.94 kW
Phase C			
Test freq:	50.0 Hz	Test Current:	96.206 A
Test Voltage:	129.03 kV	Test Voltage:	129.03 kV
Test Losses:	14.90 kW	Test Losses:	14.90 kW
Losses at Ir:	15.18 kW	Losses at Ir:	15.18 kW
<b>Calculated losses at 75°C</b>			
Iron losses in three phase condition		28.2 kW	
Losses without iron measured at 29.5°C at 97.1 A		27.2 kW	
Winding resistance at 29.5°C		0.7732 Ω	
Ohmic losses at 29.5°C at 97.1 A		21.9 kW	
Stray losses at 29.5°C at 97.1 A		5.3 kW	
Ohmic losses at 75°C at 97.1 A		25.6 kW	
Stray losses at 75°C at 97.1 A		4.5 kW	
<b>TOTAL LOSSES</b>		<b>58.3 kW</b>	
<b>Instruments used</b>			
Measurement System Bridge mod. 2840 TETTEX N° 174151			
Current transformer TETTEX type 4781 N° 131182 ratio 200/5 A			
Standard Capacitance HAEFELY tipo 3370/NK/50/300 N° P3-05122-1			
UNEN ISO 9001		Note:	
For customer:			



# ALTANOVA

A DOBLE COMPANY



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Martin Hesse

Techimp Germany GmbH

[mhesse@doble.com](mailto:mhesse@doble.com)

Tel.: +49 (0)5724 3997400