

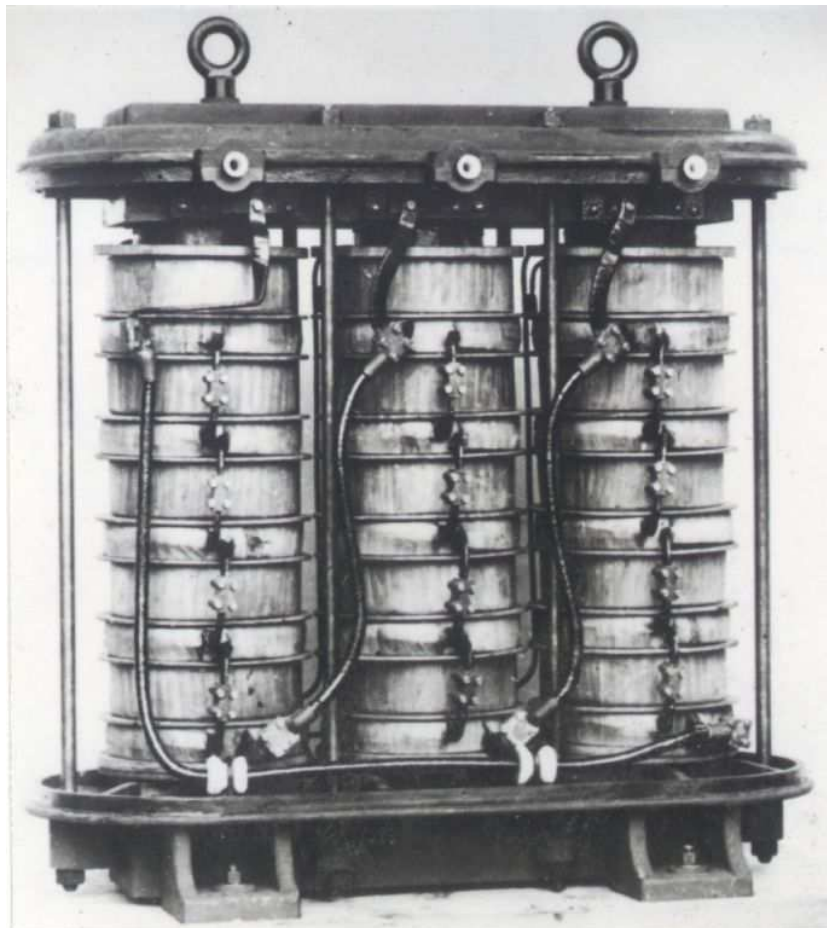
## Die technische Entwicklung von Smit Transformatoren

### Die vergangenen Zeiten und die ersten Anfänge, 1885 - 1916

Zum Verständnis der technischen Entwicklung von Smit Transformatoren ist ein kurzer Rückblick auf vergangene Zeiten unerlässlich.

Der erste Transformator wurde im Jahre 1885 von dem Ungarn Ganz gebaut. Das Duell zwischen Wechselstrom und Gleichstrom war jedoch noch nicht entschieden und für eine großangelegte Elektrifizierung war die Zeit sowohl in wirtschaftlicher als auch in kultureller Hinsicht noch nicht reif.

Willem Smit, der Gründer von Smit Transformatoren, war davon überzeugt, dass elektrische Energie in der Zukunft eine wichtige Rolle spielen würde. In den achtziger Jahren des 19. Jahrhunderts gründete er in Slikkeveer (in der Provinz Südholland) eine Firma für die Herstellung von elektrischen Maschinen und verwandten Geräten und zeigte Risikobereitschaft, indem er Projekte, die wir heute schlüsselfertige Projekte nennen, annahm.



*Eerste in Nederland gebouwde transformator 40 k.V.A. 1050/120V/ aan de Spoorwegen in Nederland geleverd tezamen met een generator. Bron: Jub.boek Smit Slikkerveer*

Einer seiner größten und bahnbrechenden Aufträge war der Bau eines Kraftwerkes , die 1886 u. a. die Waalkade [das befestigte Flussufer] mithilfe der auch von ihm hergestellten Pendelstraßenlaternen mit elektrischem Licht versorgte. Dies alles noch ohne Transformatoren.

Als Hersteller elektrischer Maschinen erhielt er 1900 einen Auftrag für die Fertigung des ersten niederländischen Drehstrom-Leistungstransformators. Dieser Transformator war als Kerntyp mit Ölkühlung ausgeführt und verfügte über eine Leistung von 40 kVA (für diese Zeit eine beträchtliche Leistung) und ein Übersetzungsverhältnis von 1050/120 V und war bereits mehr oder weniger mit einem modernen Transformator vergleichbar.

Es folgen mehr Aufträge. Kleinstädtische und mehr oder weniger experimentelle Elektrifizierungsprojekte wurden eingeleitet und es fanden Elektroantrieb-Versuche statt.

In den Jahren 1910-1912 zeigte sich, dass der Bedarf an Transformatoren zunehmen würde, und dass eine spezialisierte Firma wirtschaftlich lebensfähig sei. Willem Smit entschloss sich aufgrund dessen, eine Transformatorenfabrik zu gründen. Über die Standortwahl Nimwegen kursieren verschiedene Begründungen, wie z. B. der kurze Transportweg nach Deutschland (wo ein großer Bedarf erwartet wurde), die gute Gastronomie in schöner Umgebung, wo Kunden im Falle von Abnahmeprüfungen gut verweilen konnten oder die gute Beziehung zu dieser für diese Zeit geografisch und kulturell meilenweit von Slikkeveer entfernt gelegene Stadt aus dem Jahre 1886.

1913 zählte die Belegschaft in Nimwegen knapp fünfzig Beschäftigte. Die provinziellen Energieversorger verfügten über ein HS-Netz von 10 kV und in den Städten betrug die Oberspannung 3,5 und 6 kV. Von einer Standardisierung konnte absolut keine Rede sein. Im ersten Jahr betrug die höchste Leistung 1.250 kVA. Die Durchschnittsleistung betrug etwa 30 kVA.

Während des 1. Weltkriegs (1914-1918) mussten die Entwürfe aufgrund des verfügbaren Materials angepasst werden. Vor allem Kernblech war knapp. Manchmal wurden dafür alte Maschinen demontiert, was zu unvorhersehbaren Leerlaufverlusten führte. Kupfer war hingegen erhältlich, jedoch sehr teuer. Ein Preis von EUR 5,45 pro kg war nichts Ungewöhnliches. Das Transformatoröl war von erbärmlicher Qualität. Ein Vorarbeiter klagte einmal, dass die Bolzen im Öl verrosteten, worauf der Entverbraucher den Rat bekam, das Öl halbjährlich zu filtern.

Die Entwürfe wirkten (nach heutigen Maßstäben) mit den großen Kesse, den schweren stählernen Jochträgern, den rechteckigen Kernen und rechten Winkeln zwischen den Schenkeln und dem Joch (kornorientiertes Blech gab es erst ein halbes Jahrhundert später) sowie den vielen Teilspulen in der Hochspannungswicklung, manchmal bis zu acht Stück, also in der üblichen Y-Schaltung bei 10 kV, 722 V je Teilspule, recht plump. Durch die großzügige Dimensionierung lag die Betriebstemperatur niedrig, was wiederum (trotz der schlechten Ölqualität) der Lebensdauer zugute kam.

Weil isolierter Wickeldraht nur sehr beschränkt verfügbar war, entschloss man sich selbst Kupferdraht zu ziehen und mit Leinen zu isolieren. Aus dieser Tätigkeit entstand später der Firmenbereich Smit Draad, der auch heute noch in Nimwegen angesiedelt, jedoch nicht mehr mit der Transformatorenfabrik verbunden ist.

Trotz der Probleme im 1. Weltkrieg florierte die Firma und sah auch die Zukunft gut aus: elektrisches Licht wurde zum Allgemeingut, höhere Spannungen und größere Leistungen hatten die Zukunft und es entstanden Exportmöglichkeiten. Die Pionierphase war abgeschlossen, das Fundament gelegt und man entschloss sich, einen Entwicklungsingenieur anzuziehen.

In der Zeitung NRC vom 17. Juni 1916 erschien ein äußerst schlichtes Inserat mit einem Stellenangebot für einen Elektromaschinenbau-Ingenieur. Einer der Bewerber war Ir. Nolen (geb.1890). Mit seiner Einstellung fängt die Ära Nolen an.

### Die Ära Nolen, 1916-1955



**WILLEM SMIT & Co's Transformatorenfabriek**  
Groenestraat 336, Nijmegen,

vraagt:

**een Ingenieur,**

bekend met berekening en constructie van elektrische machines.  
Schriftelijke aanbieding, onder opgave van bekleede betrekkingen,  
direct aan het bureau van onze fabriek. 2714/28

Prof. Dr. ir. Henry George Nolen muss als Grundleger der Transformatortechnologie betrachtet werden. In der Ära Nolen stieg die Hochspannung von 10 kV auf 220 kV und die Leistung von 1,25 MVA auf 200 MVA an.

1925 wurde er technischer Direktor von Smit Transformatoren und promovierte er "mit Ehren" (heute cum laude) mit seiner Doktorarbeit "Transformatorfelder" bei Prof. Feldman, dessen Nachfolge er 1937 antritt. Er blieb jedoch Smit Transformatoren bis zu seinem Ruhestand im Jahr 1955 als technischer Direktor verbunden und zeigte sich noch bis Anfang der siebziger Jahre regelmäßig in der Firma.

1916 fand eine groß angelegte Elektrifizierung der Stadt Amsterdam statt. Man entschied sich für ein städtisches Oberspannungsnetz mit einer Spannung von 10 kV und einem Mittelspannungsnetz mit einer Spannung von 3 kV. Die Unterspannung betrug damals (bis Anfang der siebziger Jahre) 120 V.

Es waren also Transformatoren mit einer Spannung von 10/3 kV und 3000/120 V erforderlich.

Die 10/3 kV-Transformatoren verfügten über eine Leistung von 4.000 kVA (innerhalb von 3 Jahren stieg die Leistung also um einen Faktor 3,2 an!)

Die Fertigung dieser Großtransformatoren verlief erfolgreich. Es stellte sich jedoch heraus, dass sie zu schwer waren, um mit den in dieser Zeit verfügbaren Transportmitteln transportiert werden zu können.

Die Lösung war der getrennte Transport des Aktivteils, des Kessels und des Öls. Anschließend wurde das Aktivteil am Zielort in den Kessel gehoben, fertig montiert und getrocknet.

1948 schrieb Prof. Nolen anlässlich des 35-jährigen Firmenjubiläums über diesen Kraftakt: "Ich habe damals die bittere Lehre gezogen, dass man unbedingt dafür sorgen sollte, dass die Gebäude, Transportmittel, Trockengeräte und Prüfungsvorrichtungen verfügbar sind, die für die neuen Objekte braucht, bevor man diese verkauft. Dies wurde später zu unserer Leitlinie".

Bereits 1921 stand eine für diese Zeit moderne Prüfvorrichtung zur Verfügung, mit der man auf die künftige Nachfrage von 50-kV-Transformatoren vorbereitet war.

Inzwischen rollten die Transformatoren nacheinander vom Fließband, jedoch alle mit einer etwas anderen Auslegung, da jeder Kunde so seine eigenen Wünsche hatte. Die Kapazität der Entwicklungsabteilung und die Fabrikorganisation war voll und ganz darauf ausgerichtet.

In einem solchen Geschäftsklima wurden alle Aufträge ausgeführt, die sich auf Produkte mit Wicklungen und magnetischem Fluss bezogen. So wurde 1922 eine große Spule für die Radioverbindung (Lichtbogensender) mit dem ehemaligen Niederländisch-Indien gefertigt.

1923 wurde ein weniger spektakulärer Drehstromtransformator (40kVA-10kV) mit Anzapfungen in den Durchführungen gefertigt, sodass die Spannung durch Umklemmen der Sternpunktverbindung eingestellt werden konnte. Dies war der Vorläufer des Anzapfschalters. Dieser Transformator wird an dieser Stelle erwähnt, weil er bis 1987 verwendet wurde.

Das Jahr 1924 bedeutete einen wichtigen Schritt vorwärts: Das Stromversorgungsunternehmen der Provinz Gelderland stieg, gezwungen durch die langen Strecken, auf eine Hochspannung von 50 kV um. Aufgrund der Komplexität eines 50-kV-Entwurfs und der beschränkten Transportmittel entschied man sich für einen Einphasen-Entwurf, 1700 kVA je Phase, d. h. eine Dreiphasenbank mit 5.100 kVA.

Außerdem wurde ein 2-Schenkel-Kern verwendet. Die beiden Schenkel wurden beide bewickelt und in Reihe geschaltet, um eine Wicklungsspannung von 14,4 kV zu erreichen. Zwischen den Druckringen auf den Wicklungen und dem Ober- und Unterjoch (beide geerdet) wurde eine Art Stützisolatoren angeordnet.

In der nächsten Zeit wurden 50-kV-Transformatoren immer beliebter. 1928 wurden verschiedene 50/10kV-Drehstromtransformatoren mit einer Leistung von 6.000 kVA gefertigt.

1929 wurde in der Fabrik ein Rauchverbot verhängt, nicht so sehr aus Gesundheitsgründen, sondern als vorbeugende Brandschutz- und Sauberkeitsmaßnahme wegen der anstehenden Produktion von 110kV-Transformatoren.

Im gleichen Jahr bestellte das Stromversorgungsunternehmen der Provinz Friesland einen 110kV-Transformator mit der relativ geringen Leistung von 2.500 kVA.

Heutzutage hätte man Bedenken bei einem solchen Verhältnis von Leistung und Spannung; viele Wicklungen, dünner Draht und eine hohe Feldstärke. In dieser Zeit war es noch recht schwierig, Feldlinienbildern zu erstellen. Der sog. nasse Trog (zur Fernbildersimulation) wurde noch kaum verwendet.

Inzwischen hatte sich die Leistung gesteigert. 1930 wird in der Provinz Gelderland im 50kV-Netz 22 MVA die Standardleistung.

Der nächste Durchbruch erfolgte 1935 mit 150 kV in der Provinz Limburg; allerdings noch mit einer kleinen Leistung von 6.000 kVA.

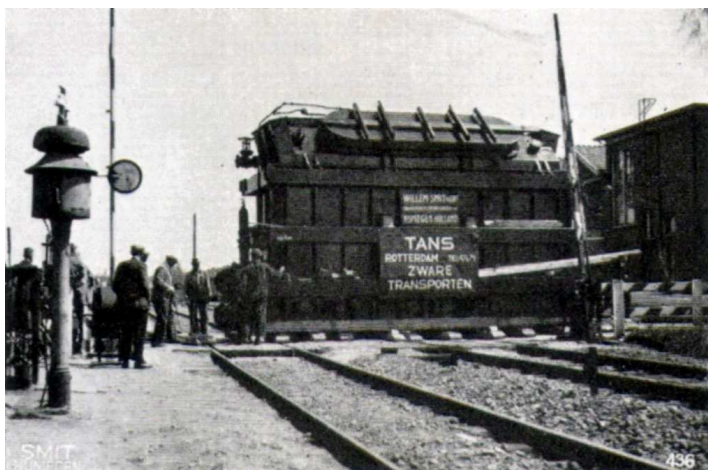
Die Elektrifizierung der niederländischen Bahn mit 1.500 V Gleichstrom wird 1937 verstärkt vorangetrieben. Die Anforderungen an die Transformatoren sind hoch: komplexere Yyd-Entwürfe mit einer Schwenkwicklung von  $7,5^\circ$  und einer äußerst geringen Toleranz in Bezug auf die Kurzschlussspannung (wegen der Quecksilberdampf-Gleichrichter). Die Leistung lag bei etwa 1.200 kVA und stieg später auf 2.200 kVA an.

1939 beabsichtigten Rotterdam und Den Haag eine Verbindung ihrer Kraftwerke. Außerdem nahm der Strombedarf dermaßen zu, dass Transformatoren mit einem Spannungs- und Leistungsniveau erforderlich werden, das dem der heutigen Transformatoren entspricht.

Nach 1939 wurden verschiedene Transformatoren mit einer Leistung von 52,5 MVA und einem Übersetzungsverhältnis von 150 / 25 / 10 kV, einer YNynd-Schaltung und unter Last regelbarer Oberspannung geliefert. Der Kern war, wie damals üblich, von mehreren Joch- und Schenkelbalken umgeben. Joch und Schenkel wurden mit Bolzen durch Joch bzw. Kern festgeklemmt.

Eine andere gekonnte Entwicklung auf dem Gebiet der Beherrschung von Feldstärken war der Bau einer Versuchsanlage für KEMA aus Arnheim im Jahre 1939. Diese Anlage bestand aus einer Kaskade dreier Aufspanntransformatoren mit zwei zwischen liegenden Isoliertransformatoren (sog. Dessauer-Schaltung). Bei einem Leistungsfaktor von 1 wurde mit dieser Anlage eine Spannung von 525 kV erreicht.

Der Zeitraum 1940 - 1945 (2. Weltkrieg) wurde durch Materialknappheit gekennzeichnet. Auch jetzt musste bei der Entwicklung, wie auch im 1. Weltkrieg, von dem verfügbaren Material ausgegangen werden. Die Auftragslage war jedoch schlechter als in den vorhergehenden Jahren.



Afb. 7. Het passeeren van den overweg met een 52,5 MVA transformator. 07.2008

Gleich nach dem 2. Weltkrieg folgte eine Periode, in der viele Aufträge für 50-, 110- und 150-kV-Transformatoren mit Leistungen zwischen 18 und 60 MVA eingehen. Jedes provinziale und großstädtische Stromversorgungsunternehmen verlangte eine eigene Auslegung; von einer Standardisierung kann keine Rede sein, höchstens von Wiederholungsaufträgen.

In dieser Zeit wurden Standardentwürfe erstellt, deren Auslegung anschließend an die Wünsche des jeweiligen Kunden angepasst wird. Es fanden viele technische und projektmäßige Kundengespräche statt. Obwohl dies damals noch nicht so genannt wurde, entstand ein sog. Co-Engineering-Klima, das in der kommenden Periode, in der komplexere Aufträge folgen sollten, seine Früchte abwarf.

Immer häufiger wurden Regelschalter verwendet, es sei noch etwas abseits in einem separaten Kessel und mit dem Transformatorkegel über einen Kasten verbunden.

Durch die Marktnachfrage konnten in dieser Periode einige bedeutende Projekte realisiert werden. Mit dem Ruhestand von Prof. Nolen im Jahre 1955 wurde diese Ära abgeschlossen.

### **Die neue Zeit, 1955 - heute**

Die Nachfolger von Prof. Nolen, (in chronologischer Reihenfolge) die Herren Wildeboer, Hulsink und Kroon, trieben den technologischen Fortschritt voran.

In diesem Abschnitt wird im Gegensatz zu den zwei vorigen Abschnitten zuerst auf die Mittel eingegangen, die die Fertigung größerer Transformatoren mit höheren Spannungen ermöglichten. Anschließend folgt eine Übersicht über bedeutende Projekte in diesem Zeitraum.

#### **Mittel**

1957 ermöglichte die Auslegung der Regelschalter, dass diese in Transformatorkegeln integriert werden können.

Im Zeitraum 1955-1965 wurde ein neues Kernmaterial verfügbar: das sog. Cold Rolled Grain Oriented Electrical Steel. Zu Deutsch: kaltgewalztes kornorientiertes Elektroblech. Bei diesem Material ist die Permeabilität richtungsabhängig und am größten in der Längsrichtung. Dies erforderte anstatt eines stumpfen Winkels, wie es früher bei nicht orientierten Blechen der Fall war, einen abgewinkelten Übergang zwischen Kernschenkel und Joch. Der Epstein-Wert lag bedeutend niedriger und Sättigung fand erst bei höheren Induktionen statt. Die zusätzlichen Verluste infolge von Wirbelströmen waren geringer (diese werden nach 1985 durch die Erfindung des laserbehandelten Blechs noch mehr verringert).

Die Oberfläche der Hysteresisschleife war kleiner. Dies ermöglichte eine kleinere Baugröße und eine beträchtliche Verringerung des Leerlaufverlusts.

Als zusätzlicher Vorteil galt die Verringerung des Schallpegels eines Kerns aus diesem Material.

1960 - 1965: In dieser Periode nimmt die Qualität des Isolierpapiers zu. Dies enthielt weniger Verunreinigungen und wurde homogener und deshalb auch zuverlässiger. Dies bedeutete (neben der erhöhten Sicherheit) einen geringeren Papierverbrauch. Dies hatte wiederum einen positiven Einfluss auf die Baugröße und die Steifigkeit der Wicklungen (langfristig kurzschlussfest).

Außerdem konnte das Papier höheren Temperaturen ausgesetzt werden. Nach 1980 wurde häufig thermisch stabilisiertes Papier verwendet. Dies kann bei höheren Betriebstemperaturen eingesetzt werden, ohne die Lebensdauer zu beeinträchtigen.

1960 - 1965: Es wurde immer besseres Transformatorenöl verfügbar (höhere Durchschlagsspannung, Anstieg der Abbautemperatur und geringere Alterung). Dadurch wurden größere Feldstärken ohne Beeinträchtigung der Lebensdauer möglich.

Ab 1995 werden dem Öl verschiedene Inhibitoren hinzugefügt, um noch bessere Produkteigenschaften zu erreichen.

1965 - 1975: Die manuelle Berechnung (des elektrotechnischen Entwurfs) wurde durch die Verwendung von Rechengeräten ersetzt. Zuerst wurden den Hollerith-Karten ähnliche Karten verwendet, die in Delft verarbeitet wurden; die Berechnungsergebnisse werden per Post nach Nimwegen zurückgesandt. Zwischen 1975 und 1980 erhielt Nimwegen ein eigenes Computersystem. Durch den Zeitgewinn konnten für Angebote jetzt Alternativ-Entwürfe erstellt werden. Entwurfparameter konnten als Festwerte eingegeben werden. Die Entwurfsfehlerisiken wurden erheblich einschränkt. In der Entwurfsabteilung werden 1990 alle Zeichentische durch ein CAD-System ersetzt; heute als 3-D-System ausgeführt.

1975 - 1980: Einführung der unabhängigen Presskonstruktion. Der Kern erhielt eine eigene Presskonstruktion, die mechanisch unabhängig von den Wicklungssätzen angeordnet ist. Jeder Wicklungssatz (gesamte Phase) verfügte über eine eigene Presskonstruktion. Dies hatte den Vorteil, dass die Kurzschlussbeständigkeit viel größer wurde, als bei einer abhängigen Presskonstruktion, dass die Presskraft an den Wicklungen auch nach Jahren vor Ort überprüft und nachgestellt werden konnte, und dass für die Anordnung des Wicklungssatzes auf dem Kernschenkel nur noch einige einfache Handlung erforderlich waren.

Zwischen 1986 und 1988 entwickelte ein Smit-Ingenieur eine Berechnungsmethode, mit der an jeder beliebigen Stelle einer Wicklung die Spannung als Funktion der (transienten) Spannung an den Transformatorklemmen und umgekehrt ermittelt werden konnte. Dies bedeutete eine beträchtliche Verbesserung des Stoßspannungsschutzes. Außerdem konnte überflüssiges Isolationsmaterial, das die Steifigkeit der Wicklung negativ beeinflusste, eingespart werden.

1987 verfügte Smit über ein digitales System zur Ermittlung der Stoßspannung, ein im eigenen Hause entwickeltes System, mit dem Oszillogramme mit großer Auflösung digital aufgezeichnet und analysiert werden konnten (u. a. Fourier-Transformation). Ein Spannungstoß von 50 % konnte damit zweimal vergrößert mit

einem Spannungsstoß von 100 % verglichen werden. Dabei war der Unterschied sofort ersichtlich und messbar. Hiermit gehörten Diskussionen aufgrund von meistens zu klein geratenen Polaroid-Aufnahmen der Vergangenheit an. Dies war ein für die damalige Zeit einmaliges System.

1988 erhielt Smit Transformatoren als weltweit erste Transformatorenfabrik die Zertifizierung nach ISO 9001, übrigens zu dieser Zeit noch eine NEN-Norm.

Zwischen 1988 und 1990 entwickelte sich die Temperaturmessung unter Verwendung von Glasfaseroptik. Die Temperatur konnte jetzt an einer beliebigen Stelle der Wicklung gemessen werden (davor war es nur möglich, den im Rahmen des Waermelaufs ermittelten Durchschnittwert der gemessenen Widerstandszunahme zu berechnen). Durch die Anordnung von Sensoren an verschiedenen Stellen der Wicklung können Heißpunkte sowie die Differenz zwischen der Heißpunkt-Temperatur und der Durchschnittstemperatur der Wicklung ermittelt werden. Dies führte zu Entwürfen mit einer längeren Lebensdauer.

### **Bedeutende Projekte**

In der Periode 1968-1970 nahm SEP [Verband der niederländischen Energieversorgungsunternehmen] den Bau eines landesweiten 380kV-Verbundnetzes in Angriff.

Smit Transformatoren lieferte das erste Einphasen-Gerät, 150 MVA,  $380/3^{0,5} / 150/3^{0,5} / 50$  kV, d. h. eine Dreiphasenbank mit 450 MVA, 380 / 150 / 50 kV, YNynd.

Die "Typenschild-Leistung" betrug aufgrund einer verringerten Höchsttemperatur der Wicklung 450 MVA. Die IEC-Leistung belief sich auf 500 MVA.

Aufgrund des vermeintlichen Transportrisikos und der Redundanz entschied sich der Kunde trotz des höheren Anschaffungspreises und des höheren Leerlauf- und Kurzschlussverlusts zunächst für Einphasen-Geräte. Spätere Aufträge betrafen Dreiphasen-Geräte mit einer separaten Kühlbatterie für ONAF-Kühlung.

Dieses Projekt war ein sog. Co-Engineering-Projekt.

Später folgten mehr Aufträge für gleichartige Transformatoren.

1976 wurde von der PNEM nach langem Verhandeln über die technische Realisierbarkeit ein Auftrag für den Bau eines 780MVA-Maschinentransformators (IEC-Leistung: 858 MVA) mit einer Betriebsspannung von 400 / 21 kV erteilt. In Bezug auf das Gewicht des Innenteils war dies der größte jemals in der westlichen Welt gebaute Transformator. Informationen aus der damaligen Sowjetunion fehlen. Der fabriksinterne Transport des fertiggestellten Innenteils, und später des kompletten Transformators, wurde an ein spezialisiertes Transportunternehmen vergeben, da die verfügbare Krankapazität nicht ausreichte.

Dieser Gigant wurde mit einem Glockenkessel ausgeführt, um das Aktivteil auf dem Gehäuseboden fertig montieren zu können. Das Einheben des Aktivteils in einen normalen Kessel war durch das enorme Gewicht nicht möglich.

Der Transport zum Aufstellungsort Amer 8 verlief reibungslos, vor allem, weil vor Ort ein geeigneter Entladekai vorhanden war (dieser wurde übrigens auch für den separaten Rotor und Stator der Dampfturbine und den Generators benötigt).

Außerdem erteilte dieser Kunde (inzwischen "EPZ") 1988 den Auftrag für einen gleichartigen Transformator für Amer 9, jedoch mit einer Hochspannungsauslegung von 150 kV, sodass das Gewicht etwas reduziert werden konnte. Trotzdem musste auch in diesem Fall wieder das Glockenkessel-Verfahren gewählt werden.

1983 bestellte die NESA aus Dänemark einen 500-MVA-Transformator mit einer Betriebsspannung von 400 / 132 / (20) kV. Nach den früheren Leistungen wäre dies nicht erwähnenswert, wären da nicht die strengen dänischen Schallschutzanforderungen, die die Anordnung einer separaten Kühlbatterie in einem Schallschutzgebäude erforderlich machten. Schalldämmung und Wärmeabgabe schienen nicht vereinbar zu sein. Zusammen mit deutschen Experten wurde die Entwicklung und Fertigung dieses Transformators jedoch erfolgreich abgeschlossen. Ende 1984 fanden in Anwesenheit des Kunden die Schallmessungen statt. Die Ergebnisse waren mehr als zufriedenstellend.

1987 erhielten wir von einem unserer treuesten Kunden aus den USA, NYPA, den wir schon seit 1978 beliefern, den Auftrag zur Fertigung des bis dahin größten amerikanischen Maschinentransformators (607 MVA 345 / 20,3 kV, 60 Hz). Smit Transformatoren verfügt über eigene Generatoren, mit denen durch ein Getriebe zwischen Motor und Generator 60 Hz erzeugt werden kann.

1989 standen die Entwickler vor einer neuen Herausforderung. Das Stromversorgungsunternehmen UNA beabsichtigte die Leistung der Hemweg-Zentrale in Amsterdam zu erweitern. Das Projekt erhielt die Bezeichnung "Hemweg 8". Die Politik hatte jedoch Bedenken: Mit einem "Lärmverursacher" in der Nähe eines Wohngebiets war man nicht einverstanden. Man entschied sich für eine ONAN-Kühlung (scherzend wurde dies ein Fußballplatz mit Kühlern genannt). Sicherheitshalber (Im Falle eines Ausbleibens der Thermosyphonwirkung) wurde eine Ölbeschleunigungspumpe in die Leistung zwischen Transformator und Kühlbatterie integriert.

Dies war die größte jemals von Smit gebaute Kühlbatterie.

Der Transformator verfügte über eine Leistung von 725 MVA (gemäß IEC 798 MVA) und eine Hochspannung von 150 kV.

1993 fertigte Smit für SEP im Rahmen des Projekts Zwolle/Eemshaven zwei Spartransformatoren mit 750 MVA, 380 / 220 / 50 kV. Ein Transformator sollte im Ort Meeden aufgestellt werden. Dieser kleine Ort liegt in einem sumpfigen Moorgebiet und zur Transformatorstation führte nur eine von zwei Wassergräben gesäumte, schmale Straße. Dieser Transformator entsprach hinsichtlich der Baugröße einem Dreiwicklungstransformator mit einer Leistung von ca. 600 MVA.

Es war dem großen Können des Transporteurs zu verdanken, dass die Straße hielt und der Transformator unversehrt sein Ziel erreichte.

Dies war keine transformatortechnische sondern eine transporttechnische Leistung, die es jedoch ermöglichte noch größere Geräte für noch schwieriger zu erreichende Standorte herzustellen, vergleichbar mit dem in 2. Abschnitt erwähnten Problemen mit dem 4MVA-Transformator im Jahre 1916.

1995: Ein bedeutender Durchbruch. Arizona Public Services aus den USA erwarb einen 525kV-Transformator mit einer Leistung von 300 MVA. Zum ersten Mal

begaben wir uns erfolgreich auf diesem Spannungsniveau. Wie aus dem Folgenden hervorgeht nicht zum letzten Mal.

1996: Nach Arizona Public Services folgte Ontario Hydro aus Kanada mit einem 750MVA-Transformator (500 / 230 / 24 kV).

2000: Das Jahr der Querregelung. Nach vielen Co-Engineering-Sitzungen wurde im Hause von TenneT ein Pflichtenheft für zwei Querregel-Transformatoren für die Umspannanlage in Meeden erstellt. Jeder Querregel-Transformator sollte eine Durchgangsleistung von 1.000 MVA erhalten, in einem Winkel von 30 ° angeordnet werden und über ein Übersetzungsverhältnis von 400 / 400 kV verfügen.

Smit Transformatoren entschied sich (aufgrund der Realisierbarkeit sowie der Prüf- und Transportmöglichkeiten) für Einphasen-Geräte, mit in einem Kessel untergebrachten Regel- und Reiheneinheiten und einer symmetrischen Regelung (das Übersetzungsverhältnis war dabei unabhängig vom Regelungswinkel). Die Regel- und Reihenwicklung der Einphasen-Geräte wurden auf einem Spannungsniveau von 120 kV mit Kabeln verbunden.

Dieses Projekt verläuft anfänglich nicht ganz reibungslos, wird jedoch schließlich zur vollen Zufriedenheit des Kunden abgeschlossen. Derzeit handelte es sich um die weltweit größten Querregel-Transformatoren.



Weitere Informationen zu Willem Smit: [www.willemsmithistorie.nl](http://www.willemsmithistorie.nl)