



# GEAFOL Gießharztransformatoren für den Einsatz in Windenergieanlagen

## GEAFOL Cast-Resin Transformers for Wind Turbine Generators

Sonderdruck aus/Special reprint from  
Wind-Kraft & Natürliche Energien Journal  
HUSUMwind 07 Special

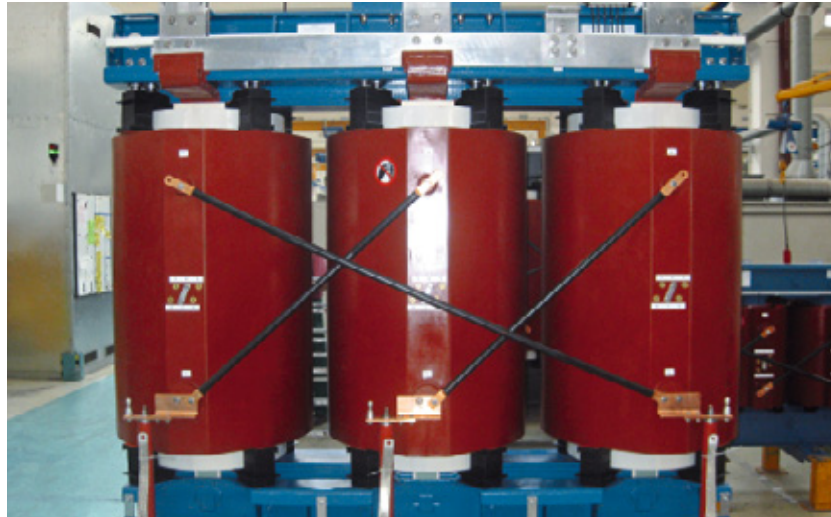
**Autor/Author:**

Heinz Raithel, Siemens AG, Energy Sector Power Transmission Division

Answers for energy.

**SIEMENS**

**SIEMENS**  
siemens-russia.com



# GEAFOL Gießharztransformatoren

**Sie trotzen Vibrationen, Wind und Wetter, sind resistent gegen Salzwasser, umweltfreundlich und rüttelfest: GEAFFOL-Gießharztransformatoren für Windenergieanlagen und Offshore-Windparks**

Im Einsatz sind Gießharztransformatoren meistens dort, wo elektrische Energie von der Mittelspannungsebene auf eine andere Spannungsebene wie die Niederspannungsebene umgespannt werden soll oder auf eine andere Netzeinspeisungsspannung. Transformatoren, die diese Aufgabe übernehmen, werden bevorzugt in der Nähe von elektrischen Verbrauchern und damit fast immer in unmittelbarer Nähe von Menschen installiert. Sie müssen deshalb besonders sicher und zuverlässig arbeiten. Dies kann in Hochhäusern, Krankenhäusern, in U-Bahn-Stationen oder auf Schiffen und Ölförderplattformen sowie in Papierfabriken, in Walzwerken, in Flughäfen oder anderen Stellen mit hohem Energiebedarf sein. Oftmals arbeiten sie auch in unmittelbarer Nähe von Passanten und Anwohnern, nur durch die Steinwand eines Trafohäuschens oder ein Metallgehäuse von der Umwelt getrennt. Sicherheit ist deshalb für alle Beteiligten das oberste Gebot.

Überall dort, wo Verteilungstransformatoren in unmittelbarer Nähe des Menschen aufgestellt werden müssen, sind es bevorzugt Gießharztransformatoren, denn diese garantieren dem Anwender eine hohe Sicherheit im Betrieb und verfügen gleichzeitig über gute elektrische, mechanische und thermische Eigenschaften, die sich besonders durch Wartungsarmut und ihr hohes Sicherheitsniveau bezüglich des Brandverhaltens auswirken.

Die GEAFFOL-Gießharztransformatoren – eine Entwicklung des Siemens-Transformatorwerkes Kirchheim – sind betriebsicher, umweltverträglich, schwer entflammbar, selbstverlöschend und toxisch unbedenklich. Dies hat dazu geführt, dass diese Transformatoren im Leistungsspektrum von 50 kVA bis ca. 50 MVA, bei Spannungen bis 45 kV heute weltweit über 100.000 mal im Einsatz sind. Zudem haben inzwischen mehr als 20 Trafowerkzeughersteller in aller Welt eine Lizenz zur GEAFFOL-Fertigung erworben.

## **Für den Einsatz in Windenergieanlagen prädestiniert**

All dies sind aber auch die Gründe dafür, dass sich die Gießharztransformatoren von Siemens auch so gut für den Einsatz in Windenergieanlagen und bei Offshore-Windparks eignen. Gerade die Aufstellung in Windenergieanlagen beansprucht die Transformatoren sowohl mechanisch als auch elektrisch und thermisch weitaus stärker, als dies die Aufstellung in standardisierten Ortsnetz-Verteilstationen der Fall ist. Auch ist die Zugänglichkeit häufig eingeschränkt. Somit werden hohe Anforderungen an Design, Produktqualität und Sicherheit gestellt. So liefert Siemens die Gießharztransformatoren für Windkraftanwendungen in einer mechanisch verstärkten Ausführung, die auch den starken Vibrationen bei Aufstellung in der Gondel problemlos widersteht. Zudem sind sie durch einen speziellen Anstrich gegen die aggressive, salzhaltige Atmosphäre auf See geschützt. Die Isolierung

der Gießharztransformatoren besteht aus einer umweltfreundlichen Epoxidharz-Quarzmehl-Mischung, bei der auch unter Einwirkung eines Lichtbogens keine giftigen Gase entstehen können. Gießharztransformatoren werden entsprechend der nachgewiesenen Umgebungs-, Klima- und Brandklasse gekennzeichnet. Die GEAFFOL-Transformatoren erfüllen mit der Umgebungsstufe E2, der Klimaklasse C2 und der Brandklasse F1 die höchsten definierten Klassen.

Ergebnisse wie diese werden auch durch Prüfungen belegt, die Siemens in Zusammenarbeit mit renommierten Windenergieanlagenherstellern durchgeführt hat. Im Rahmen spezieller Programme wurden in zahlreichen Prüfungen die Rüttelfestigkeit, Stoßspannungs- und Kurzschlussfestigkeit der Gießharztrafos ausführlich getestet. Es konnte auch erneut der Nachweis erbracht werden, dass die höchsten in der Norm DIN EN 60076-11 definierten Umgebungs- und Klimaklassen von GEAFFOL-Gießharztransformatoren erfüllt werden. Die Prüfungen wurden in namhaften europäischen Instituten wie der KEMA in den Niederlanden oder der IABG in München vorgenommen.

Bei der erfolgreichen Prüfung der mechanischen Widerstandsfähigkeit gegen betriebsbedingte Vibrationen und Transportbeanspruchungen wurde der Transformator Beschleunigungswerten bis zur 2-fachen Erdbeschleunigung in allen drei Raumkoordinaten ausgesetzt.



**Bild 1+2:** Windkraftanlagen stellen sehr hohe Anforderungen an die elektrischen und mechanischen Beanspruchungen von Transformatoren und damit hohe Anforderungen an Sicherheit und Qualität. Siemens liefert seine Gießharztransformatoren für Windkraftanwendungen mechanisch verstärkt aus, so dass sie sich auch rüttelfest in der Gondel aufstellen lassen.

**Fig. 1+2:** Wind turbine generators make tremendous demands on transformers in terms of electrical and mechanical stressing and consequently also in safety and quality terms. Cast-resin transformers from Siemens for use in wind turbines are therefore supplied with mechanical strengthening to ensure vibration-free installation in the nacelle.

## GEAFOL cast-resin transformers

**Immune to vibrations, wind and weather, resistant to salt water, environmentally compatible and vibration-proof: GEAFOL cast-resin transformers for wind turbine generators and offshore wind farms**

Cast-resin transformers are mostly used where electricity has to be transformed from the medium-voltage level down to low-voltage, or to another incoming mains voltage. Transformers destined for this function are generally installed close to electrical loads and therefore almost invariably in immediate proximity to people. They must consequently be particularly safe and highly reliable in operation. Such transformers are found in high-rise buildings, hospitals, subway stations or on ships and oil production platforms, as well as in paper mills, rolling mills, airports or other locations requiring substantial amounts of power. They are often also installed very close to passers-by and residential areas, separated from the environment only by the stone wall of a building or a metal enclosure. Safety is therefore of utmost priority for everyone concerned.

Wherever distribution transformers have to be installed in areas frequented by people, cast-resin transformers are the preferred option because this particular design ensures users a high level of safety in operation while also offering good electrical, mechanical and thermal properties. Transformers with these features require little in the way of maintenance and ensure a high level of safety in terms of behavior in fire. The GEAFOL cast-resin transformers – a development from the Siemens manufacturing plant in Kirchheim – are reliable in operation, environmentally compatible, flame-

retardant, self-extinguishing and produce no toxic gases. These features are the reason why more than 100,000 of these transformers are in service around the world today, ranging from 50 kVA to approx. 50 MVA and for voltages of up to 45 kV, and also explains why more than 20 manufacturers around the world are currently licensed to produce GEAFOL transformers.

### **Predestined for operation in wind turbine generators**

All the above attributes also explain why cast-resin transformers from Siemens are so well suited for use in wind turbine generators and offshore wind farms. Wind turbine generators subject transformers to much greater mechanical, electrical and thermal stresses than transformers installed in standardized secondary unit substations. Accessibility is also frequently restricted, which means very high demands on design, product quality and safety. Cast-resin transformers from Siemens for use in wind turbines are therefore supplied in a mechanically reinforced design, which – when installed in the nacelle – can withstand the strong vibrations without difficulty. These transformers are also painted with a special coating to protect them from the aggressive, salt-laden marine atmosphere. The insulation used on cast-resin transformers is an environmentally sustainable mixture of epoxy resin and quartz powder, which does not produce any toxic gases even under exposure to arcing. Cast-resin

transformers are classified according to verified environmental, climate and fire classes. GEAFOL transformers satisfy environmental class E2, climate class C2 and fire class F1 and so conform to the highest defined classifications.

These results are also validated by numerous tests performed by Siemens in collaboration with a noted manufacturer of wind turbine generators. These tests were conducted as part of an extensive program specially designed to test the cast-resin transformers for vibration resistance, lightning impulse withstand capability and short-circuit strength. The results also once again confirm that GEAFOL transformers conform with the highest environmental and climate classes defined in standard DIN EN 60076-11. Testing was carried out in well-known European institutes such as KEMA in the Netherlands or IABG in Munich, Germany.

The successful test for mechanical resistance to operationally induced vibrations and transportation stresses exposed the transformer to accelerations of up to twice gravitational in all three coordinates.

Cast-resin transformers often have a smaller footprint than equivalent liquid-filled or gas-insulated transformers and they are very flexible with respect to the position of the high-voltage/low-voltage terminals. No extra safety precautions, e.g. oil trough, are necessary. Designs with reduced no-load and short-circuit

**Bild 3:** Bei hoher mechanischer Beanspruchung werden GEAFOLE-Gießharztransformatoren in verstärkter Ausführung eingesetzt. Hier beispielhaft dargestellt an einem in der Gondel einer Windkraftanlage eingesetzten Transformator, wo er den ständig auftretenden Vibrationen sicher widerstehen muss.

**Fig. 3:** Where high mechanical stresses are encountered, GEAFOLE cast-resin transformers of strengthened design are used. This example shows a transformer being used in the nacelle of a wind turbine, where it must reliably withstand constant vibration.



Gießharztransformatoren beanspruchen im Allgemeinen weniger Aufstellungsfläche als vergleichbare flüssigkeitsgefüllte oder gasisolierte Transformatoren und sind hinsichtlich der OS/US-Anschlusslage sehr flexibel. Ölauffangwannen entfallen ebenso. Ausführungen mit reduzierten Leerlauf- und Kurzschlussverlusten erhöhen den Wirkungsgrad und senken damit die Betriebskosten. Darüber hinaus arbeiten die mit Epoxidharz vergossenen Transformatoren nahezu wartungsfrei – für Offshore-Windparks entscheidende Kriterien.

In Windkraftanlagen haben die Gießharztransformatoren die Aufgabe, die vom Generator in der Gondel erzeugte Spannung auf die Höhe der geforderten Netzeinspeisepannung des Mittelspannungsnetzes hoch zu transformieren. Konzipiert werden die Transformatoren von Windkraftanlagen in der Regel für Betriebsspannungen der Mittelspannungsebene bis zu 36 kV.

#### **Die Entwicklung geht weiter**

Die Entwicklung der Gießharztransformatoren bei Siemens steht nicht still. Entwickler Rudolf Hanov im Trafowerk Kirchheim/Teck kann anhand von Datenblättern belegen, dass in den vergangenen 40 Jahren allein das Gewicht der Transformatoren bei gleicher Leistung und ohne negative Beeinflussung der Betriebssicherheit und -zuverlässigkeit um mehr als ein Drittel gesenkt werden konnte. Doch nicht allein

von der Gewichtseinsparung wird die Weiterentwicklung der Transformatoren geprägt. Wesentliche Veränderungen haben auch im Inneren der Trafos stattgefunden. Hier hat sich im Laufe der Jahre viel getan. Ein moderner Gießharztransformator besteht schon längst nicht mehr aus Kupferwicklungen. Im Laufe der Jahre hat sich eine Technik als zukunftsweisend gezeigt, die Aluminiumfolien einsetzt, welche mit hochwertigen Kunststofffolien isoliert werden. Diese Technik, die an die Kondensatorenfertigung erinnert, hat sich durchgesetzt, weil die Folienwicklung eine einfache Wickeltechnik mit hoher elektrischer Sicherheit verbindet. Die Isolierung wird elektrisch weit geringer beansprucht als die anderer Wicklungsarten.

Während sich bei einer herkömmlichen Runddrahtwicklung die Windungsspannung bis zur doppelten Lagenspannung addieren können, tritt bei Folienwicklung nie mehr als die einfache Windungsspannung als Lagenspannung auf, denn bei ihr besteht jede Lage nur aus einer Windung. Das Resultat: Hohe Wechsel- und Stoßspannungsfestigkeit. Warum aber Aluminium? Die Ausdehnungskoeffizienten von Aluminium und der bei Siemens verwendeten Gießharzrezepturen liegen sehr nahe beieinander, so dass bei insbesondere durch Lastwechsel hervorgerufene Temperaturänderungen nur geringe mechanische Spannungen auftreten. Außerdem zeigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen,

dass der Aluminiumleiter bei der ganzheitlichen Beurteilung von Leitwert, Materialpreis, dem spezifischen Gewicht und der Verlustbilanz letztlich immer Vorteile mit sich bringt.

#### **Viel Know-how und Erfahrung nötig**

Gewickelt wird mit modernen Bandwickelmaschinen, die es ermöglichen, innerhalb einer Schicht mehrere Ober- und Unterspannungs-Wicklungsstränge herzustellen. Sind Primär- und Sekundärseite fertig gewickelt, werden die Spulen mit speziellen Harzmischungen verschlossen. Der Epoxidharzverguss der Oberspannungsspulen wird unter Vakuum bei erhöhter Temperatur vorgenommen. Dieses Verfahren verhindert schädliche Gaseinschlüsse. Spezielle Vakuumpumpen erzeugen das dafür notwendige Vakuum im Gießkessel.

Aber auch hier sind wieder Fachwissen und Erfahrung notwendig, um zum gewünschten Ziel zu gelangen. Entwickler Hanov weiß, dass trotz der guten Pumpen das Beherrschen des Gießverfahrens mindestens genau so wichtig ist um blasenfrei zu gießen. In einem Gießkessel mit sechs Kubikmeter Inhalt befinden sich bei einem Druck von unter einem Millibar immer noch rund sechs Liter von ursprünglich 6.000 Litern Luft. Dieser Rest kann den Verantwortlichen das Leben immer noch schwer genug machen. Deshalb kommt es auf die Erfahrung beim Gießen an.



losses increase transformer efficiency and so reduce operating costs. Moreover, epoxy resin-insulated transformers are practically maintenance-free – crucial criteria for offshore wind parks.

Cast-resin transformers in wind turbine generators are used to step up the voltage supplied by the nacelle-mounted generator to the correct level for feeding into the medium-voltage network. Transformers for wind turbine generators are generally designed for operating voltages on the medium-voltage level of up to 36 kV.

#### **Further developments afoot**

Work on developing cast-resin transformers at Siemens never ceases. Development engineer Rudolf Hanov at the Kirchheim/Teck factory quotes data sheets which show that the weight of transformers has been reduced by more than one third over the last 40 years alone without any reduction in output range or any adverse effects on operating safety and reliability. But developments are going beyond mere weight reduction. Important changes have also taken place in the inside of transformers. A great deal has happened here. Modern cast-resin transformers no longer feature copper windings. Over the years, a pioneering technology has been developed using aluminum foil insulated with high-grade plastic film. Reminiscent of the way capacitors are manufactured, this technology has prevailed because the foil winding combines a simple technique

with high electrical safety. The insulation is exposed to much lower electrical stress than in other types of winding.

Whereas turn-to-turn voltages in a conventional round-wire winding can add up to twice the interlayer voltage, the interlayer voltage of a foil winding never exceeds the single voltage per turn because all layers uniquely consist of a single winding which ensures excellent power- frequency voltage strength and impulse voltage strength. But why aluminum? The coefficients of expansion of aluminum are very similar to those of the Siemens recipes for casting resin and result in only minimal mechanical stresses particularly in connection with load-change-induced temperature fluctuations. Moreover, efficiency calculations based on a holistic evaluation of conductivity, material price, specific weight and loss balance demonstrated that the aluminum conductor invariably offers advantages.

#### **Considerable know-how and experience needed**

Windings are fabricated using modern strip winding machines which enable a number of high-voltage and low-voltage phase windings to be produced in one shift. Once the primary and secondary-side windings have been completed, the coils are sealed with special resin mixtures. The cast epoxy resin used to encapsulate the high-voltage coils is applied under vacuum and at high temperature.

This process prevents harmful gas inclusions. Special vacuum pumps generate the necessary vacuum for this process in the casting kettle.

This process also requires expertise and experience if the desired objective is to be achieved. Development engineer Hanov knows that despite good pumps, controlling the casting process is just as important for void-free casting. Under less than one millibar of pressure, a six cubic meter-capacity casting kettle still contains around six liters of its original 6000-liter air content. This residual air is enough to make life difficult for those in charge. That's why expertise in casting is crucial. One of the secrets is that vacuum conditions in the casting kettle must be the same as or "poorer" than in the formulating area. Any residual air remains in the compound despite the high-vacuum conditions, and undesired bubbles are unable to form.

The quality of the encapsulation in conjunction with the electrical advantages of the foil winding is a crucial factor for ensuring freedom from partial discharges. Since this critical criterion applies throughout the life of cast-resin transformers, Siemens in Kirchheim inspects every GEAFOLE transformer at twice rated voltage and stipulates more stringent release criteria for the permitted partial-discharge inception level than those specified in international standards.



**Bild 4:** Innovative Lösungen, wie z. B. der patentierte Kühlkanal für Oberspannungswicklungen, wurden hier erfolgreich eingesetzt.

**Fig. 4:** Innovative solutions such as the patented cooling duct for high-voltage windings have been successfully brought to bear here.

Eines der Geheimnisse: Im Gießkessel muss das gleiche oder „schlechtere“ Vakuum als im Formulierbereich sein. So bleibt die trotz des hohen Vakuums noch vorhandene restliche Luft in der Masse und es können sich keine ungewollten Bläschen bilden.

Die Qualität des Vergusses in Verbindung mit den elektrischen Vorteilen der Folienwicklung ist entscheidend für die Teilentladungsfreiheit. Da dies maßgebliches Kriterium für die Lebensdauer von Gießharztransformatoren ist, prüft Siemens Kirchheim jeden GEAFOL-Gießharztransformator bei doppelter Nennspannung und legt im Vergleich zur internationalen Norm strengere Freigabekriterien für den zulässigen Teilentladungspegel an. Erst die optimale Kombination von Folien und Bandwicklungen aus Aluminium mit der darauf abgestimmten Gießharzisolierung macht die GEAFOL-Trafos sicher, schwer entflammbar, selbstverlöschend, weitgehend wartungsfrei und toxisch unbedenklich.

Der Kern besteht aus kornorientierten, kalt gewalzten Elektroblechen, deren Dicke und Schichtung von den Anforderungen hinsichtlich Leerlaufverluste und Geräusche abhängt. Für die Fertigung der Trafokerne setzen die Kirchheimer mehrere automatische Kernlegeanlagen ein – die modernsten ihrer Art.

**Größere Leistungen gefordert**  
Wie für Walzwerke oder High-Tech-Fabriken werden auch für größere

Off-Shore-Windkraftanlagen zunehmend Trockentransformatoren mit größeren Leistungen gefordert. Gründe sind die sichere Energieversorgung durch die hohe Betriebssicherheit der Gießharztrafos als auch der herausragende Wirkungsgrad, der zur Reduzierung der Betriebskosten beiträgt.

Höhere Leistungen bedeuten bei Gießharztransformatoren im Allgemeinen auch höhere Spannungen und höhere Ströme und damit auch mehr Verlustwärme. Die Lösung für das ständige Problem mit der Wärme haben die Entwickler im schwäbischen Kirchheim/Teck im Griff. Schon seit längerem brachten sie ab einer Leistung von 630 kVA spezielle Kühlkanäle ein. Dieses geschah aber nur in der Unterspannungswicklung. Bei der Oberspannungswicklung, die komplett vergossen ist, war das bisher nicht der Fall. Um aber überhaupt sehr hohe Bemessungsleistungen erreichen zu können, müssen zusätzlich Kühlkanäle sowohl auf der Oberspannungsseite als auch im Kern eingebracht werden.

Wie bereits angesprochen, erfordert das Vergießen der Transformatoren generell viel Know-how und Erfahrung. Um letztlich einen erstklassigen, betriebssicheren Gießharztransformator mit optimalen elektrischen Eigenschaften fertigen zu können, musste für die Ausführung mit Kühlkanal in der Oberspannungswicklung auch der Gießprozess dem geänderten Aufbau des Trafos angepasst und hinsichtlich eines optimalen Fertigungsablaufes einige Hürden überwunden werden.

Die Basis für die Auslegung leistungsstarker Gießharztransformatoren bilden die über Jahrzehnte gewachsene Erfahrung der Siemens-Entwickler und Konstrukteure sowie der Einsatz modernster Berechnungstools und Fertigungseinrichtungen. Die Tüftler um den Gießharztrafo-Entwickler Rudolf Hanov beherrschen heute die Auslegung als auch das Gießverfahren für GEAFOL-Transformatoren mit Leistungen bis etwa 50 MVA. Es funktioniert inzwischen so gut, dass die elektrischen Eigenschaften der Gießharzisolierung als optimal bezeichnet werden können. Hanov: „Die Qualität des Vergusses in Verbindung mit den elektrischen Vorteilen der Folienwicklung ist entscheidend für die Teilentladungsfreiheit – bis zur doppelten Nennspannung. Erst die optimale Kombination von Folien- und Bandwicklungen aus Aluminium mit der darauf abgestimmten Gießharzisolierung macht die GEAFOL-Trafos sicher, schwer entflammbar, selbstverlöschend, weitgehend wartungsfrei und toxisch unbedenklich.“

Die bisher größten in Kirchheim gebauten und ausgelieferten Gießharztransformatoren haben eine Leistung von 40 MVA, wobei bereits Transformatoren mit einer Leistung von 50 MVA angeboten wurden. Eine große Anzahl von 25-MVA-GEAFOL-Transformatoren verrichten ihren Dienst zuverlässig in einer türkischen Raffinerie sowie bei der Consolidated Edison Company in New York.



It is the combination of aluminum foil and strip windings with a cast-resin encapsulation that makes GEAFOL transformers safe, flame-retardant, self-extinguishing and completely non-toxic.

The core is comprised of grain-oriented, cold-rolled electric sheet steel whose thickness and layering are a function of requirements related to no-load losses and noise. The Kirchheim engineers manufacture the transformer cores using several automatic core winding machines – the most modern of their kind.

#### **Higher power ratings required**

Like rolling mills or high-tech factories, larger offshore wind turbine generators increasingly require dry-type transformers with higher ratings. Reasons for this are that cast-resin transformers ensure security of supply because they are highly reliable in operation and they are also extremely efficient, so helping to reduce operating costs.

Higher power ratings in the case of cast-resin transformers generally also mean higher voltages and currents and consequently bigger heat loss. The development engineers in the Swabian town Kirchheim/Teck have devised a solution to the continuous problem of heat. For a long time now they have been using special cooling ducts for transformers rated above 630 kVA. However, these

have previously only been used in conjunction with the low-voltage winding and have so far never featured in the fully encapsulated high-voltage winding. To achieve very high MVA ratings, however, additional cooling ducts have to be incorporated both on the high-voltage side and inside the core.

As already mentioned, encapsulating the transformers generally calls for a great deal of expertise and experience. To ultimately permit production of a first-class, reliable cast-resin transformer with optimum electrical properties it was ultimately also necessary to modify the encapsulation process for transformers designed to incorporate a cooling duct in the high-voltage winding, and several hurdles had to be overcome with regard to optimizing the manufacturing process.

The design of powerful cast-resin transformers is based on the experience of Siemens design and development specialists, accumulated over many decades and the use of high-tech design analysis tools and production equipment. Transformer development engineer Rudolf Hanov and his skilled team have now got to grips with the design and the casting process for GEAFOL transformers rated for up to about 50 MVA. The whole concept is running so smoothly now that the electrical properties of the resin insulation can be described as optimum. In the words of

Rudolf Hanov: “The quality of the encapsulation in conjunction with the electrical advantages of the foil winding is crucial to ensure freedom from partial discharges – at up to twice the rated voltage. Ultimately, it is the optimized combination of aluminum foil and strip windings and the specially coordinated cast-resin insulation that makes GEAFOL transformers safe, flame-retardant, self-extinguishing, practically maintenance-free and non-toxic.”

The largest cast-resin transformers that have been built in Kirchheim to date are rated at 40 MVA and 50 MVA have already been offered. A large number of 25 MVA GEAFOL transformers are providing reliable service in a Turkish refinery as well as at Consolidated Edison Company in New York, respectively.

Published by and copyright © 2010:  
Siemens AG  
Energy Sector  
Freyeslebenstrasse 1  
91058 Erlangen, Germany

Transformatorenwerk Kirchheim/Teck  
Hegelstrasse 20  
73230 Kirchheim/Teck  
Germany  
Phone: +49 (0) 7021 508-0  
Fax: +49 (0) 7021 508-495

For more information, please contact  
our Customer Support Center.  
Phone: +49 180/524 70 00  
Fax: +49 180/524 24 71  
(Charges depending on provider)  
E-mail: [support.energy@siemens.com](mailto:support.energy@siemens.com)

Power Transmission Division  
Order No. E50001-G640-A146-X-7400  
Printed in Germany  
Dispo 19201, c4bs No. 7481  
TH 101-090628 470903 SD 05101.0

Printed on elementary chlorine-free bleached paper.

All rights reserved.  
Trademarks mentioned in this document  
are the property of Siemens AG, its affiliates,  
or their respective owners.

Subject to change without prior notice.  
The information in this document contains general  
descriptions of the technical options available, which  
may not apply in all cases. The required technical  
options should therefore be specified in the contract.

[www.siemens.com/energy](http://www.siemens.com/energy)