

4 Bauformen, Sonderausführungen 4 Layout, Special Design

Bei Standard-Ausführungen sind die Oberspannungs- und Unterspannungs-Durchführungen, Spannungsumsteller und die meisten Überwachungsgeräte auf dem Trafodeckel untergebracht. Rings herum an allen Seiten des Kessels sind Radiatoren oder Wellwände angebracht. Im Bodenbereich sind Ölablass-Ventile und diagonal aufgeschweißte Erdungsanschlussbolzen. Es gibt sowohl Transformatoren, die einfach auf Kufen aufgestellt werden, als auch Ausführungen mit Fahrgestell, an dem die Rollen angebracht sind. Im Bodenbereich sind auch Anhebestellen zum Ausrichten des Transformators. Bei diesen Standardtransformatoren bilden das Aktivteil und der Deckel eine Montageeinheit. Nach Lösen der Deckelschrauben kann das Aktivteil an den Anhebeösen aus dem Kessel gehoben werden. Diese Bauform bildet die besten Voraussetzungen für eine zeitsparende und optimale Fertigung und Montage. Porzellane von Durchführungen können ohne Eingriff in das Innere des Transformators von außen gewechselt werden. Zum Wechseln des Spannungsumstellers muss das Aktivteil allerdings aus dem Kessel gehoben werden.

Die britische Bauform, die auch in einigen Ländern Südostasiens und im mittleren Osten anzutreffen ist, unterscheidet sich grundsätzlich dadurch, dass die Durchführungen seitlich angebracht sind. Das bietet auch gewisse Vorteile, wie beim Kabelanschluss und beim Wechseln des Spannungsumstellers. Nachteilig ist, dass Kühlflächen an den Kesselseiten verloren gehen und die Montage sich etwas schwieriger gestaltet. Bei dieser Bauform enthält der Deckel keine Komponenten und dient rein als Abdeckung. Anhebeösen sind hier meist auch seitlich angebracht, weil sonst das gesamte Aktivteil an den Deckelschrauben angehoben werden muss. Die Deckelschrauben müssen dabei das gesamte Kesselgewicht einschließlich Öl und das gesamte Trafogewicht beim Anheben tragen. Beim Wechsel von Durchführungs-Porzellanen muss eine erhebliche Menge Öl abgelassen werden.

Nur bei der Bauform mit seitlichen Durchführungen lässt sich sinnvoll ein Stickstoffpolster einbringen. Da die Durchführungen stets unter Öl sein sollten, lässt sich das bei der Standardbauform schwerlich realisieren.

Obvious for the standard layout are top mounted high voltage and low voltage bushings, top mounted tap-changers and most of the monitoring devices being installed at the top cover of the transformer. All around the tank radiators or corrugated walls (fins) are placed. Oil drain valves and diagonally placed earthing fixed points, welded to the bottom, are located in the bottom area. There are transformers equipped with simple skids, but also with undercarriages to take transport wheels or rollers. Structural parts to permit lifting for alignment and levelling are fixed in the bottom area as well. In case of such standard transformers cover and active part form one common assembly unit. When taking off the cover bolts the active part can be taken out of the tank by lifting the cover with slings fixed to the cover mounted lifting lugs. Such a layout provides best conditions for a smooth, time-saving and easy manufacturing. Porcelains of bushings can be replaced without opening the transformer from outside. To replace the tap-changer the active part must be taken out of the tank.

Different to this standard is the British layout, which is also common in some Southeast Asian countries and the middle East. The major difference to the above described layout are the sideways installed high and low voltage bushings. This has certain advantages, such as for power cable connections and for easy replacement of the tap-changer (without taking the active part out of the tank). A disadvantage to be mentioned is the fact that the available space for installation of radiators or fin walls is significantly reduced and final assembling is more difficult and time consuming. The top cover is mostly free from any installations and serve as a cover sheet. Lifting lugs are mainly placed sideways to the tank, otherwise the cover bolts would have to take the total load of the tank with oil and active part in case of lifting during transport. For replacement of bushing porcelains a quite high amount of oil has to be drained.

But this layout with sideward bushings is very suitable for nitrogen cushions. Because the bushings should be permanently exposed to oil, a nitrogen cushion on top cannot easily be realized for transformers with top bushings.

Das Stickstoffpolster dient dazu, Volumen für die Ölausdehnung vorzuhalten. Im Fall von Wellwänden werden diese entlastet, was letztlich lebensdauerverlängernd sein kann, da Wellwände für 10.000 Lastspiele ausgelegt sind. Verteil-Transformatoren mit Wellwänden und zusätzlichem Stickstoffpolster gehören beispielsweise zur Standardausrüstung für Verteil-Transformatoren innerhalb der Energieversorgung von Singapur.

In einigen Pflichtenheften von Kunden oder Anwendern wird ein Verschweißen von Deckel und Kessel verlangt. Man geht dabei davon aus, dass Hermetiktrafos ohnehin nicht geöffnet werden müssen, und will mit dem Verschweißen potenzielle Undichtigkeiten zwischen Deckel und Kessel ausschließen. Hier wird zwar keine Dichtung ausdrücklich zwischen Deckel und Kessel verlangt, ratsam ist es aber, ein hitzebeständiges Abdichtungsband zwischen Deckel und Kessel vor dem Verschweißen einzulegen. Diese Dichtung soll das Eindringen von Schweißabbrand in das Innere des Trafos unterbinden.

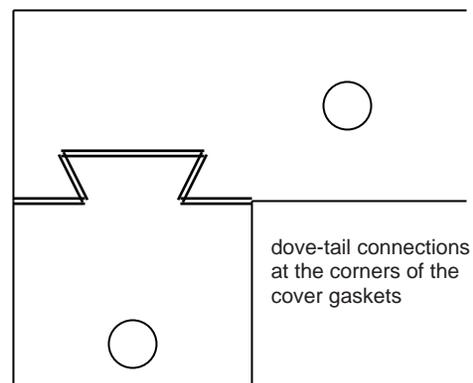
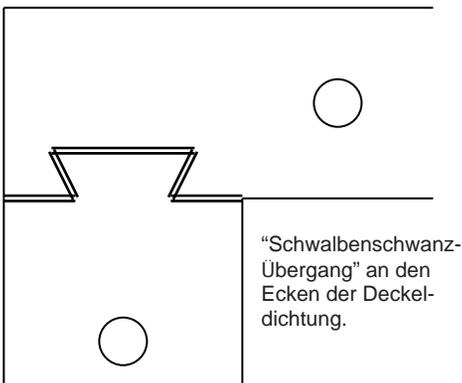
Heutzutage ist die Qualität der Deckeldichtungen so weit verbessert worden, dass sie die Lebensdauer der Transformatoren überdauern. Aus diesem Grund ist es eigentlich nicht mehr notwendig, Deckel zu verschweißen. Viele Kunden und Anwender lassen sich auch von dieser Tatsache überzeugen und bestehen nicht mehr auf Verschweißen. Als Dichtung wird ca. 40 mm breiter und etwa 5 mm dicker Korkgummi eingesetzt. Unterbrechungen sollten möglichst nur an den Ecken sein. Hier wird dann über eine sogenannte Schwalbenschwanzverbindung ein hohes Maß an Dichtigkeit gewährleistet.

The nitrogen cushion serves to provide volume for the temperature depending expansion of the oil. In case of corrugated fin walls the fins can be relieved, which finally extends the life span of the fins. Corrugated fin walls are designed for 10,000 load cycles. For example: distribution-transformers with fin walls and nitrogen cushion are part of the standard distribution-transformer layout applied by the utility board of Singapore.

Some customer-specifications call for welding of cover and tank. The idea is to avoid potential leakages between cover and tank, taking into account that hermetically sealed transformers will not be opened anymore. Principally this would not call for any gaskets between cover and tank frame, however it is highly recommended to provide a kind of heat proof gasket to avoid ingress of welding stain to the interior of the tank while welding is being performed.

Nowadays the cover gasket material is of such high quality that there is not anymore a real need to call for welding between cover and tank frame. The gaskets applied now stand easy the life span of the transformer. A lot of customers and users can be convinced by such facts and will do insist anymore on cover welding.

Corc-rubber sheets, about 5 mm thick and cut to a width of about 40 mm, are well suitable and a state-of-the-art basic material for such gaskets. Interruptions of the gaskets must take place only at the corner of the tank. Here a so-called dove-tail connection shall be provided to achieve a maximum sealing ability.



Nachteilig bei verschweißten Deckeln ist die Tatsache, dass bei jedem Eingriff in das Aktivteil der Deckel mittels Schleifhexe aufgetrennt werden muss. Das kann z. B. schon der Fall bei Fehlern an den Spannungsumstellern sein und ist deshalb nicht grundsätzlich auszuschließen.

Zu den Sonderbauformen zählen auch die rüttelfesten Ausführungen. Hier muss der Aktivteil allseits gegenüber dem Kessel abgestützt werden, und es sind nur flexible Leitungsverbindungen zwischen Aktivteil und den Kessel-Aufbauten (Durchführungen, Spannungsumsteller) zulässig. Details zu rüttelfesten Ausführungen werden von den Anwendern in Pflichtenheften spezifiziert. Grundsätzlich werden derartige Trafos im Bergbau auf Förderanlagen eingesetzt, wo sie erheblichen Erschütterungen ausgesetzt sind.

In Industriebetrieben werden zunehmend Stromrichter- und Umrichter-Antriebe eingesetzt. Das führt in der Regel zu hohen Oberwellenanteilen im Netz.

Für direkte Umrichter-Transformatoren gibt es eigene Normen, in denen die Anforderungen detailliert festgelegt werden. Oftmals ist der Kunde allerdings nicht in der Lage, ein genaues Spektrum der Oberwellenanteile anzugeben. Trafishersteller haben sich deshalb auf einige grundsätzliche Maßnahmen geeinigt, um die hohen Oberwellenanteile zu berücksichtigen. Die einfachste Maßnahme ist eine Erhöhung der Kühlung (mehr Radiatoren oder Kühlrippen an den Wellwänden) und eine Beschränkung der Induktion auf maximal 1,65 Tesla.

Als weitere Maßnahme können einseitig geerdete Schirmwicklungen zwischen Ober- und Unterspannungs-Wicklungen eingebracht werden, die Einflüsse auf das übergeordnete Netz reduzieren sollen.

In den Wicklungen sollte die Stromdichte auf etwa $2,8 \text{ A/mm}^2$ bis 3 A/mm^2 begrenzt werden. Durch all diese Maßnahmen wird der Transformator um etwa 10 % größer und dementsprechend erhöhen sich auch die Kosten. Details und Anforderungen an Transformatoren, die für Strom- oder Umrichterbetrieb ausgelegt werden, finden sich in der IEC 61378-1.

A disadvantage for welded covers to be pointed out is the fact that any access to the active parts calls for grinding to separate cover and tank frame. This can be the case already, when checking or repair works or replacement of the tap-changer are required and this cannot be excluded at all.

A very special layout is the vibration proof design of transformers. To achieve this the active part must be fixed and supported all around against the tank to avoid any internal movement, and all connections between active part and devices fixed to the tank (bushings, tap-changer) must be highly flexible. Details in respect to a vibration proof design are described in the customer's or user's specifications. Such special designs are usually required for mining operations, where transformers are being located at mining machines exposed to severe vibrations and environmental conditions.

For industrial applications converter drives are wide-spread now. But such drives cause a lot of harmonics and "pollute" the power grids.

There are special standards for real converter-transformers, which are used directly to feed the power to converters. In most cases the users are not able to provide the exact spectrum of harmonics to be expected. For such cases the transformer manufacturers take some basic precautions to handle the influence of harmonics. The most simple way is to increase the cooling surfaces (more radiators, more fins) and to design for a limited induction of maximum 1.65 Tesla.

Further measures can be a one side earthed shield winding being placed between high- and low-voltage winding to reduce the portion of harmonics being transmitted to the superposed power grid.

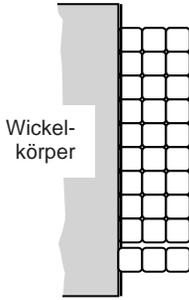
Within the windings the current density shall be limited to 2.8 A/mm^2 till 3 A/mm^2 . All such measures will result in an increase of the transformer weight and size by about 10 % and consequently of higher costs. Details and specific requirements in respect to a special transformer design for converter drive applications are described and specified in the International Standard IEC 61378-1.

Sind sehr hohe Ströme zu bewältigen, so kann man, statt die Leiterquerschnitte zu erhöhen, auch Parallelliter wickeln, das können 2 parallele Runddrähte, 4 oder 6 parallele Rechteckdrähte sein, was auch immer von der Konstruktion und Fertigung her sinnvoll erscheint.

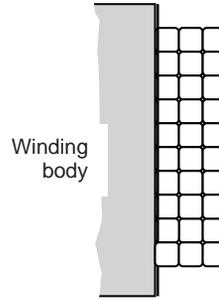
If high currents have to be handled, it is possible to provide parallel conductors instead of simply increasing the cross-section. Two round wires in parallel, four or six rectangular wires in parallel a.s.o. are common solutions, whatever is most suitable for design and manufacturing reasons.

Bei höheren Spannungen muss man den Aufbau der Wicklung verändern. Bei Spannungen bis zu 36 kV reichen normalerweise übliche Lagenwicklungen aus, wie bereits unter dem Kapitel Wicklungen beschrieben, mit abgestufter Isolation, um die höheren Spannungen an den Enden der Lagen besser beherrschen zu können. Für höhere Spannungen geht man auf die sogenannte Scheibenwicklung über, das wenden einige Hersteller auch schon bei Spannungen von 24 kV bis 36 kV an, obwohl es hier noch nicht nötig wäre.

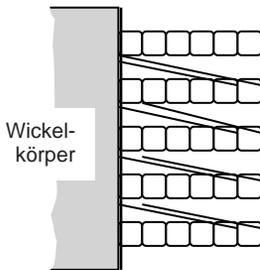
To handle higher voltages the type of winding must be changed. The simple layer winding principle serves all purposes for voltages up to 36 kV with stepped insulation, as described before under chapter windings, to care for the higher voltage differences between the ends of layers. For higher voltages disc type windings are being applied, some manufacturers use to apply such type of windings for voltages of 24 kV to 36 kV, but basically there is no need to do so at such voltage levels.



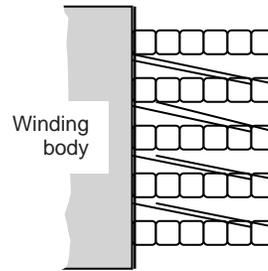
Lagenwicklung



Layer-winding



Scheibenwicklung



Disc-winding