



# Phasenschiebertransformatoren

Ausbildungsunterlage für Schulungszwecke

# 1. Phasenschiebertransformatoren

Phasenschiebertransformatoren werden eingesetzt, um den sich einstellenden Lastfluss beeinflussen bzw. verändern zu können. In Amerika finden solche Betriebsmittel schon seit langem (ca. 1970) Anwendung. Als Beispiele in Europa können die Phasenschiebertransformatoren an der Grenze zwischen Frankreich und Italien sowie an der Grenze zwischen den Niederlanden und Deutschland genannt werden. Weitere Einheiten sind in Belgien geplant.

Mit den Phasenschiebertransformatoren im Netz der APG wird die Möglichkeit geschaffen, den Lastfluss optimal auf alle 3 Nord-Süd-Leitungen aufzuteilen und somit die bestehende Leitungskapazität maximal auszunutzen. Weiters ergibt sich ein Gewinn an Versorgungssicherheit (Erhöhung der (n-1)-Sicherheitsreserve), da ein einfacher Leitungsausfall durch den Einsatz der Phasenschiebertransformatoren beherrschbar wird.



Bild: Montage des Phasenschiebertransformators im UW Tauern

## 1.1. Phasenschiebertransformator - Netzkoppeltransformator

PST erzeugen durch Einbringen einer Zusatzspannung eine Phasenverschiebung der Spannung zwischen Eingangs- und Ausgangsseite. Prinzipiell kann zwischen Netzkoppel-Transformatoren mit Regelungsmöglichkeit (Regeltransformatoren) und Transformatoren, die ausschließlich zur Regelung des Lastflusses eingesetzt werden (PST) unterschieden werden (siehe Abb.1).

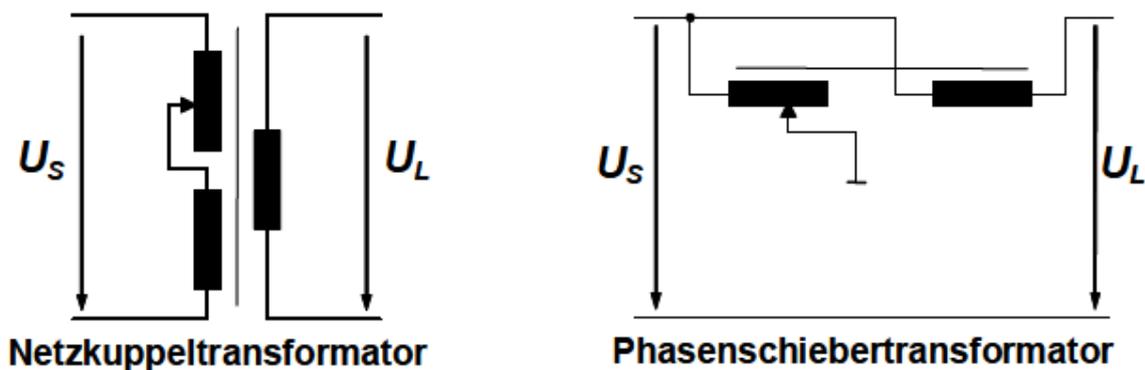


Abbildung 1: Unterscheidung des Prinzips regelbarer Transformatoren

Regeltransformatoren übernehmen zusätzlich zur Spannungsübersetzung auch begrenzt die Aufgabe der Lastflussregelung. Je nach Phasenverschiebung der Zusatzspannung wird bei Längsregeltransformatoren ( $0^\circ$ ) die Blindleistung, bei Schrägregeltransformatoren ( $60^\circ$ ) die Wirk- und Blindleistung und bei Querregeltransformatoren ( $90^\circ$ ) fast ausschließlich die Wirkleistung beeinflusst. Die Größe der Zusatzspannung und damit die Regelungsmöglichkeit sind jeweils durch die vorgegebenen Spannungsgrenzen beschränkt.

Phasenschiebertransformatoren (PST) werden ausschließlich zur Lastflusssteuerung eingesetzt. Sie werden seriell in das Netz eingebunden, das heißt die Spannungsebene an der Eingangsseite (Source /  $U_S$ ) ist gleich der Spannungsebene an der Ausgangsseite (Load /  $U_L$ ).

## 1.2. Aufbau

In Abbildung 2 ist der bei der APG eingesetzte PST (Symmetrischer 2 Kern PST) dargestellt. Dieser besteht aus 2 Transformatoren, dem **Serientransformator** und dem **Erregertransformator**.

Der Erregertransformator dient dazu die 220 kV Spannung auszukoppeln um die Zusatzspannung auf der Sekundärseite der Größe nach zu regeln. Die Spannung der Sekundärseite (Regelwicklung) beträgt 0 - 52 kV (90,5 kV verkettete Spg.), auf dieser Spannungsebene ist auch der Trafostufensteller installiert.

Im Serientransformator wird die im Erregertransformator erzeugte Zusatzspannung im Dreieck geschaltet und erhält hiermit eine Phasenverschiebung der Zusatzspannung um 90 Grad. Diese phasenverschobene Zusatzspannung wird über die Serienwicklung zwischen Eingangs- und Ausgangsseite eingekoppelt.

Die Umpolung der Zusatzspannung (+/- 90 kV) erfolgt über einen Umschalter (Advance - Retard Switch). Entgegen der Abbildung 2 befindet sich dieser Umschalter bei den in der APG eingesetzten PST in der Dreieckswicklung. Damit ergeben sich die beiden Betriebszustände Advance und Retard Betrieb.

Der **Advance Betrieb** erhöht den Lastfluss über den PST und der **Retard Betrieb** reduziert den Lastfluss über den PST.

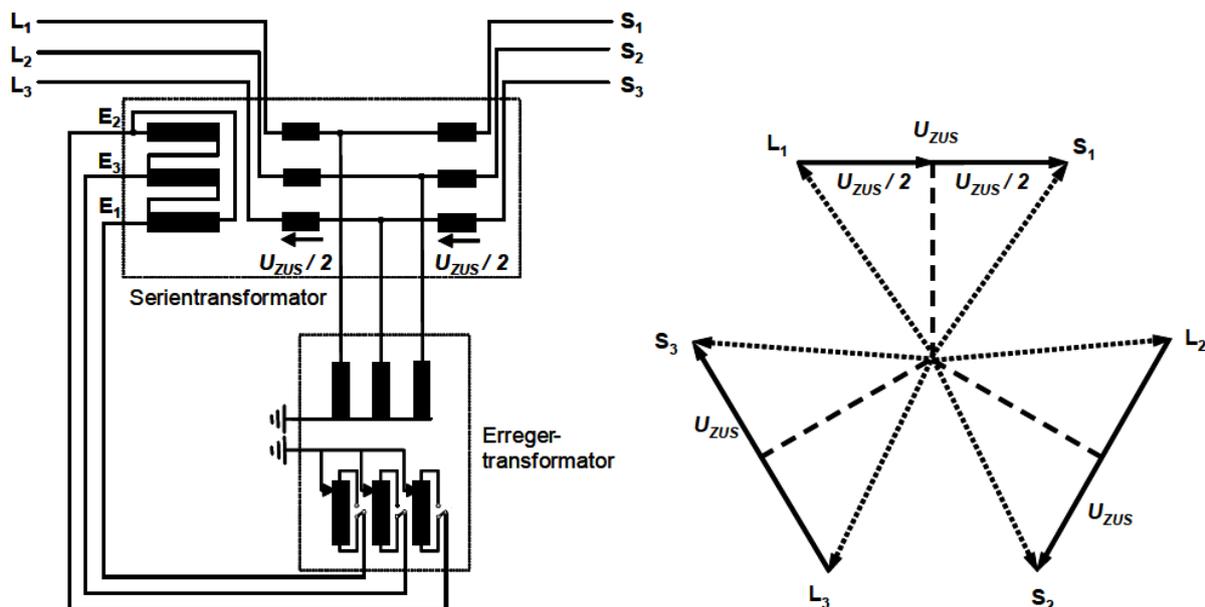
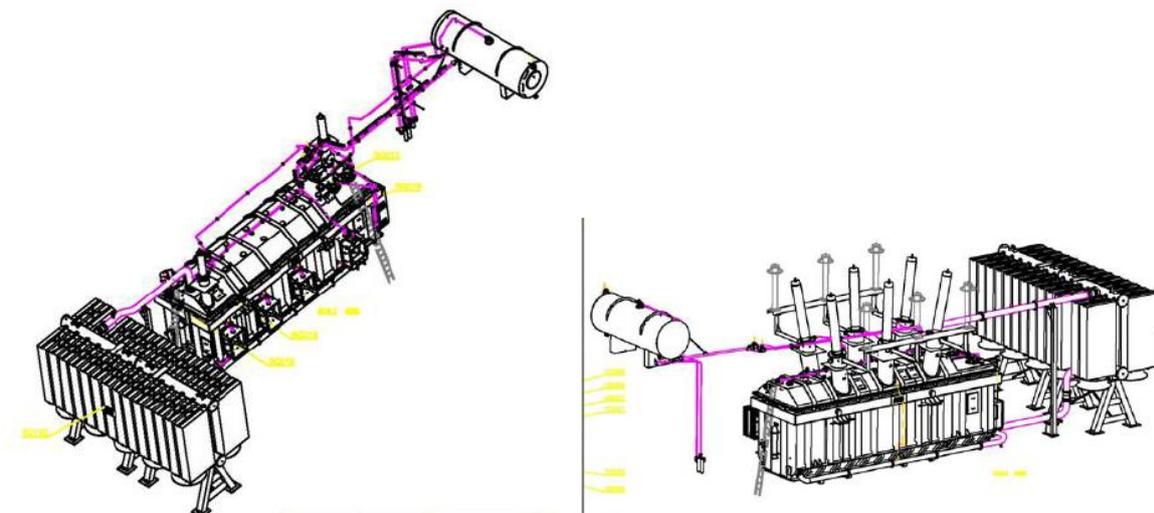
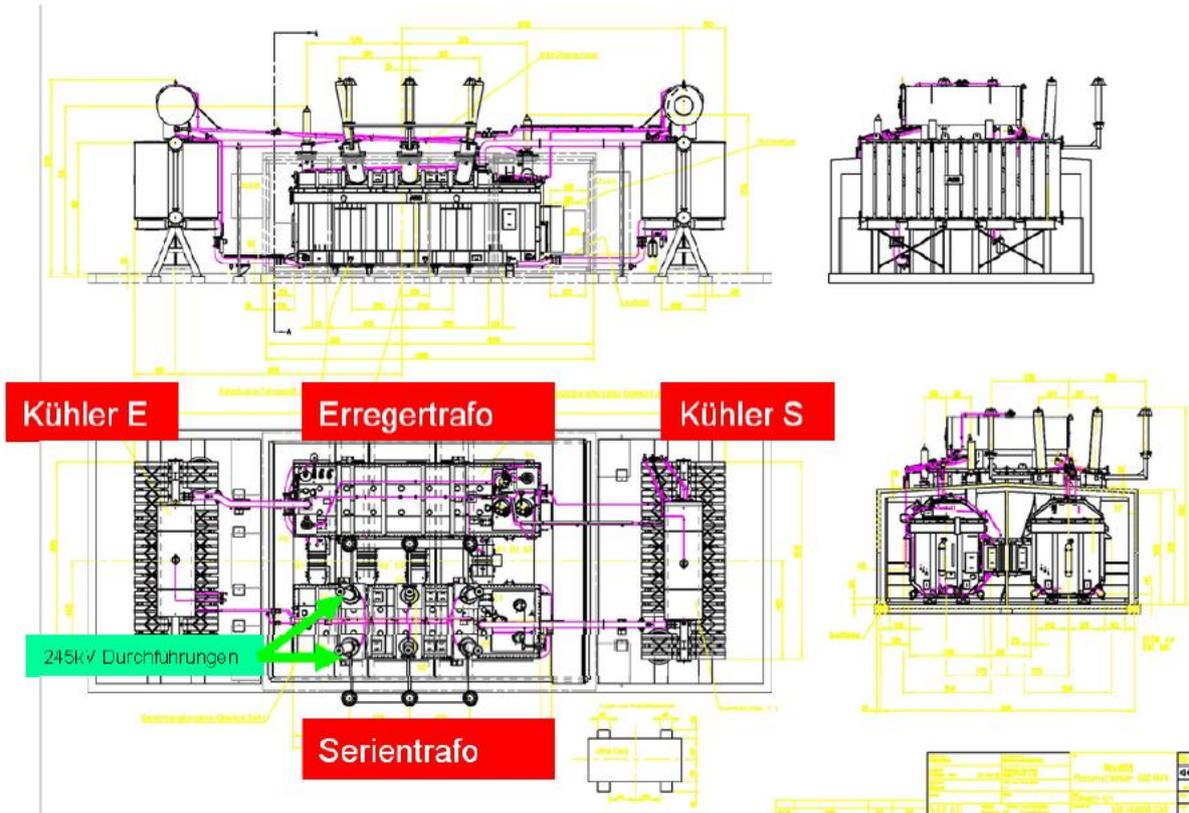


Abbildung 2: Ersatzschaltbild des Phasenschiebertransformators, Zeigerdiagramm

Der grundlegende Aufbau der PST entspricht jenen der Regelhauptumspanner.

Ansichten und Schnittzeichnungen eines PST:



### 1.3. Kenngrößen

<b>Nennleistung</b>	600 MVA
<b>Leerlaufwinkel</b>	.... Ist die Winkeldifferenz der Spannungen zwischen Eingangs- und Ausgangsseite des PST im Leerlauf (unbelasteter PST) und beträgt +/- 35 °
<b>Kurzschlussspannung</b>	... 15, 1% in Nullstellung (Stufe 29) und 18,8 % in Endstellung. (Stufe 1 bzw. 57)
<b>Verluste</b>	... die Verluste sind abhängig vom eingestellten Winkel (Angaben sind ca. Werte im Bereich von 0° - max. Winkel) Leerlaufverluste: 100 kW – 200 kW Kurzschlussverluste: 870 kW – 1680 kW Gesamtverluste: 970 kW – 1880 kW
<b>Kühlung</b>	... die Kühlung bis 80 % der Nennleistung ist ONAN (ohne Ölpumpen und ohne Lüfter), bei einer Leistung über 80 % der Nennleistung werden die Lüfter automatisch zugeschaltet – ONAF. Die Lüftersteuerung erfolgt in 2 Stufen zu je 5 Lüftern welche links und rechts vom Trafo situiert sind. Jeder Kühler besitzt 10 Lüfter.
<b>Überlast</b>	Das Überlastverhalten wurde an die theoretisch max. mögliche thermische Belastung der Nord – Süd Leitungen angepasst und beträgt: 115 % Dauerüberlast 150 % für 30 min. bei 20° C Lufttemperatur 170 % für 30 min. bei - 20° C Lufttemperatur Max. Strom 2500 A
<b>Betriebsgewicht</b>	Serientrafo: 345 to. Erregertrafo: 339 to. Kühlanlagen: je 50 to. Gesamtgewicht: 784 to.
<b>Ölgewicht</b>	Beide Transformatoren beinhalten in Summe ca. 188 to. Öl

## 1.4. Regelung eines PST

Die **Regelung** verändert die Höhe der Zusatzspannung und ändert somit den Lastfluss über den PST. Die Regelung besitzt 58 wirksame Stufen, wobei sich die Stufen folgend auswirken:

1-28 Retard Bereich  
29 Mittelstellung  
30-57 Advance Betrieb

Die Schaltgeschwindigkeit eines Regelvorganges beträgt in etwa 6-8 Sek. je Stufe, welche eine Laständerung von ca. 16-20 MW zur Folge hat.