

- die wirksamste Option des Einsatzes von AWP im PT-80/100-130/13-Wärmeschaltschema ist der Betrieb ohne Heizlast mit der Wasseraufbereitung für die Heizleitungseinspeisung;
- die Auswirkung der Heißwasserheizungsbelastung wurde in Bezug auf die Effizienz der Anwendung von AWP analysiert; die Zunahme der Heißwasserheizungsbelastung von 26 auf 105 MW beim Turbinendampfdurchsatz 80 kg/s führt zur Reduzierung des spezifischen Einheitskraftstoffverbrauchs von 2,1 % auf 10,9 %;

Demnach ist der Einsatz von AWP im Wärmeschaltschema einer Heizturbinenanlage eine wirksamste Option für die Effizienzsteigerung der Arbeit eines HKW. Aber zur Gewinnung des Maximalvorteils müssen Arbeitsbetriebe der Turbinenanlage und Merkmale des Außenmediums berücksichtigt werden, da sie sich auf die Arbeitseffizienz der AWP-Anlage auswirken.

#### LITERATUR:

1. Bojko E.A. et al. Wärmekraftwerke. – Krasnojarsk: Verlag der technischen Universität, 2006. – 152 S.
2. Zanev S.V., Tambieva I.N. Wärmeschemata und Kennwerte der Wärmeversorgungsanlagen / V.F. Shidkich (Hrsg.). – Moskau: Verlag des Energetischen Instituts, 1987. – 76 S.

Wissenschaftlicher Betreuer: Ju.V. Kobenko, Prof., Dr. habil., Lehrstuhl für Fremdsprachen des Energetischen Instituts der Nationalen Polytechnischen Forschungsuniversität Tomsk.

#### FACTS: MÖGLICHKEITEN UND DER AKTUELLE SACHSTAND

W.Ju. Tschuchmanov

Nationale Polytechnische Forschungsuniversität Tomsk  
Energetisches Institut, Lehrstuhl für Elektrische Netze und Elektrotechnik,  
Gruppe 5AM6D

Die Spannungsverteilung und damit die Leistungsflüsse im elektrischen Energieversorgungssystem werden durch die Einspeiseknoten (Kraftwerke), die Lastverteilung sowie die Netzstruktur und damit durch die Impedanzen im Netz bestimmt. Die Leistungsflüsse im elektrischen Energieversorgungssystem werden bisher über diskrete Längs-/Quer-Kompensation und Schrägregeltransformatoren mit geringer Schalthäufigkeit reguliert. Im stationären Fall wird dies durch Parallel- und Seriendiskompensation sowie durch Phasenschieber-Transformatoren erreicht. Diese Lösungen verändern resultierende Leitungsimpedanzen (Längs- und Quer-) bzw. koppeln Reihenspannungen oder Querströme ein.

Wie aus Bild 1 ersichtlich, kann der Lastfluss über eine Leitung durch 3 verschiedene Maßnahmen beeinflusst werden:

- Veränderung der Spannung ( $U_1$ ,  $U_2$ );

- Veränderung der Leitungsimpedanz ( $X_L$ );
- Veränderung des Winkels.

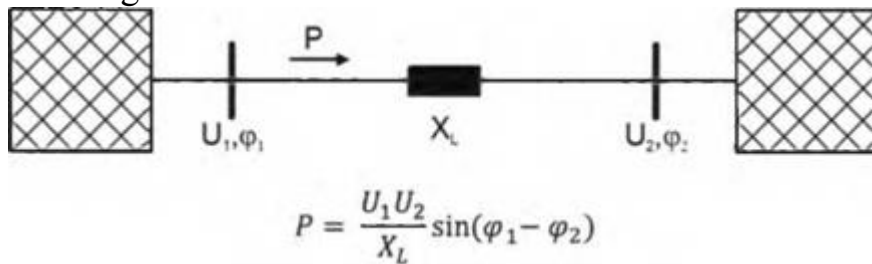


Bild 1. Wirkleistungsübertragung über eine Drehstromleitung [3]

Der Einsatz von Leistungselektronik ermöglicht es, diese Eingriffsmöglichkeiten auch dynamisch bzw. transient vorzunehmen. Die Betriebsmittel, die dies ermöglichen, werden als FACTS (Flexible AC Transmission Systems) bezeichnet.

FACTS bieten unter anderem die folgenden Möglichkeiten:

- Stabilisierung der Spannung
- Erhöhung von Übertragungskapazität einzelner Leitungen im stationären Betrieb;
- aktive Beeinflussung des Lastflusses;
- Verminderung von Netzverlusten durch Kreisflüsse (erhöht zusätzlich Übertragungskapazität);
- Optimierung von Kraftwerkseinsatzplanung durch verbesserten Lastfluss;
- Unterbindung von Überspannungen bei Lastabwurf -> Aufrechterhalten der Versorgungssicherheit;
- Dämpfung von Leistungsschwankungen bei Netzverbindungen über große Distanzen;
- Verbesserung der Spannungsqualität (v.a. interessant bei Industrienetzen mit hohen Anforderungen);
- Beherrschung des subsynchronen Resonanzphänomens SSR.
- Man unterscheidet FACTS nach der Art ihrer Schaltung im Netz.
- Parallelschaltung:
  - TCR (Thyristor-Controlled Reactor);
  - TSC (Thyristor-Switched Capacitor);
  - SVC (Static Var Compensator);
  - STATCOM (Static Synchronous Compensator);
- Reihenschaltung:
  - TCSC (Thyristor-Controlled Series Capacitor);
  - TSSC (Thyristor-Switched Series Capacitor);
  - TCSR (Thyristor-Controlled Series Reactor);
  - TSSR (Thyristor-Switched Series Reactor);
  - SSSC (Static Synchronous Series Compensator);
- Kombination aus Parallel- und Reihenschaltung:
  - UPFC (Unified Power Flow Controller);
  - DFC (Dynamic Power-Flow Controller).

Im Folgenden werden Prinzipien des Funktionierens STATCOM erörtert. Dieses Gerät findet eine weite Verbreitung heutzutage.

Aufgrund der Möglichkeit, mit abschaltbaren Leistungshalbleitern die Umrichterspannung in Betrag und Phase frei einzustellen, kann Blindleistung mit einem STATCOM ohne Installation von Drosseln und Kapazitäten von einer der Blindleistung entsprechenden Größe bereitgestellt werden.

Ein STATCOM ist ein VSC (Voltage Source Converter) mit einem Zwischenkreiskondensator. Die B6-Schaltung besteht aus IGBTs und parallelgeschalteten Dioden zur Inversion des Leistungsflusses. Bild 2 zeigt die prinzipielle Funktionsweise des STATCOM.

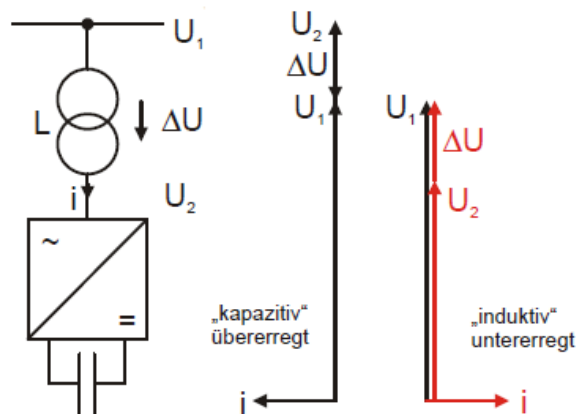


Bild 2. Ersatzschaltung und prinzipielle Funktionsweise des STATCOM

Wird über den VSC die Spannung  $U_2$  größer als die Netzspannung  $U_1$  eingestellt, fließt der Strom in das Netz, und der STATCOM arbeitet kapazitiv. Im umgekehrten Fall, wenn die Kompensatorspannung niedriger ist als die Netzspannung, fließt der Strom vom Netz in den Kompensator, dabei arbeitet der STATCOM induktiv. In beiden Fällen ist der Strom um  $90^\circ$  gegen die Netzspannung verschoben, der STATCOM tauscht also nur Blindleistung mit dem Netz aus [2]. In Russland im Prüfungsregime ist der erste STATCOM in Wyborg gestartet [1].

#### LITERATUR:

1. Das 400-kW-Umspannwerk von Wyborg. Online im Internet: [http://www.fsk-ees.ru/press\\_center/photos/objects\\_mea/?PAGE\\_NAME=section&SECTION\\_ID=238](http://www.fsk-ees.ru/press_center/photos/objects_mea/?PAGE_NAME=section&SECTION_ID=238) [eingesehen am 13. September 2016].
2. Schwab A. Elektroenergiesysteme – Erzeugung, Transport, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie. – Berlin: Springer-Verlag, 2006. – 1002 S.
3. Witzmann R. Vorlesung Energieübertragungstechnik. – München: Fachschaft Elektrotechnik und Informationstechnik e. V., 2015.

Wissenschaftlicher Betreuer: Ju.V. Kobenko, Prof., Dr. habil., Lehrstuhl für Fremdsprachen des Energetischen Instituts der Nationalen Polytechnischen Forschungsuniversität Tomsk.