

Programm *Elektrizität*
Forschungsprojekt



PSEL-BfE-Projekt:

Neue systemorientierte FACTS-Elemente

ausgearbeitet durch

Dr. Dirk Westermann

ABB Hochspannungstechnik AG

TB AC-Systems

Brown Boveri Strasse 4, 8050 Zürich

im Auftrag des

Bundesamtes für Energie und PSEL

Kurzfassung

Die Systementwicklung von FACTS-Elementen optimaler Wirtschaftlichkeit ist die Zielsetzung des Entwicklungsprojektes. Als Referenz für die zu entwickelnden FACTS-Elemente stehen der Universale Lastflussregler (UPFC), der eine unabhängige Regelung der Wirk- und Blindleistungsflüsse sowie Spannungsregelung erlaubt, und die „Advanced Series Compensation“ (ASC), deren Integration ins Netz transformatorlos erfolgen kann und hinsichtlich wirtschaftlich optimaler Lösungen die technologische Basis für die Realisierung von Betriebsmitteln mit UPFC-Eigenschaften darstellt.

Beginnend beim Hardwareaufbau der eingesetzten Leistungselektronik bis hin zur Integration der Regelung des Gesamtsystems in die Netzbetriebsführung werden kostengünstige FACTS-Elemente durch Minimierung der primärtechnischen Einrichtungen entwickelt, die optimalen FACTS-Element-Funktionen und die optimale FACTS-Element-Anordnung im Netz abhängig von typischen Netzkonfigurationen festlegt und Verfahren zur Optimierung des Netzverhaltens erarbeitet.

Abstract

The system development of FACTS-devices optimized with respect to economy is the major issue of this development project. As reference devices the Unified Power Flow Controller (UPFC) as well as the transformerless Advanced Series Compensation (ACS) have been adopted. The UPFC serves as a benchmark devices with respect to its unique control capabilities whereas the ACS is referred to as the technology platform of tailor made solutions.

Cost effectiveness is achieved by optimizing the primary engineering components such as coupling transformers as well as by optimal location, dimensioning and control which then affects the system planning horizon.

Résumé

Le développement des dispositifs-FACTS économiquement optimisés représente l'objectif principal de ce projet de recherche et de développement. Le *Unified Power Flow Controller* (UPFC), qui permet un réglage indépendant de la puissance active, de la puissance réactive et de la tension est considéré comme modèle de référence. Le dispositif *Advance Series Compensation* (ASC) qui peut être connecté directement au réseau électrique (sans transformateur de connexion) représente une solution économique. L'avantage de cette technologie est aussi envisagé pour la réalisation des autres dispositifs-FACTS comme l'UPFC.

De la conception des systèmes d'électronique de puissance jusqu'aux stratégies de réglage et de conduite du réseau électrique, des concepts-FACTS économiques obtenus par la réduction des installations de la technique primaire sont développés. Selon le réseau électrique considéré, les fonctions et les configurations optimales des dispositifs-FACTS ont été déterminées. Les algorithmes et la méthodique pour l'optimisation du comportement des réseaux par les dispositifs-FACTS ont été élaborés.

Zusammenfassung

Verschiedene Gerätekonzepte im Bereich der leistungselektronischen Betriebsmittel für die elektrische Energieübertragung (FACTS-Elemente) sind heute bekannt und Gegenstand vieler wissenschaftlich technischer Untersuchungen. Die systemorientierte Entwicklung, die den gesamten Prozess von der Problemidentifikation im Netz bis zur Inbetriebnahme eines massgeschneiderten Gerätes betrachtet, ist grundlegend für einen wirtschaftlich Einsatz dieser neuen Elemente. Die gesamtheitliche Betrachtung der hier zugrunde liegende Problematik ermöglicht neben der wirtschaftlichen Optimierung der Gerätetopologie auch eine effektive Systemintegration.

Unter Ausnutzung der bekannten Gerätekonzepte und durch den Einsatz heute verfügbarer Technologien aus dem Bereich der Leistungselektronik sind FACTS-Elemente realisierbar, die bezüglich einer speziellen Netzproblematik angepasst und durch die Reduktion primärtechnischer Einrichtungen kostenmässig im Vergleich zu den bekannten Geräteausführungen deutlich günstiger realisiert werden können. Als Beispiel für so ein Betriebsmittel ist hier die transformatorlose Serienkompensation untersucht worden. Diese auf Spannungsumrichtern basierende Einrichtung zeichnet sich durch eine transformatorlose Serienspannungseinkopplung zur Regelung der Übertragungsparameter einer Leitung aus. Da die Transformatorkosten im Rahmen von FACTS-Anwendungen an den Gesamtkosten einen Anteil von bis zu 40% aufweisen können, ist durch das Einsparen der Transformatoren eine erhebliche Kostenreduktion erfolgt.

Das Prinzip der transformatorlosen Spannungseinkopplung zeigt überdies einen Weg für massgeschneiderte Lösungen auf. Das Ergänzen bestehender Anlagen mit leistungselektronischen Geräten, von Spannungseinkopplung in den Sternpunkt eines Transformators bis hin zur Integration von konventionellen Netzkupplern mit schnellen Regelungseinrichtungen auf Spannungsumrichterbasis, bietet die Grundlage für systemorientierte FACTS-Elemente.

Der Einsatz von FACTS-Elementen für elektrische Energiesysteme ist nicht auf die Hoch- und Höchstspannungsebene beschränkt sondern ermöglicht auch in Verteilungsnetzen auf der Mittelspannungsebene eine Verbesserung der Betriebsverhaltens. Hier stehen aufgrund der spezifischen Problemstellungen weniger die Leistungsflussregelung und Systemdämpfung im Vordergrund, sondern mehr die Verbesserung der Versorgungsqualität. Unter Verwendung der gleichen Technologieplattform finden hier Geräte zur Kompensation von Spannungseinbrüchen, unterbrechungsfreien Stromversorgung, aktiven Filterung, etc. ein grosses Anwendungsgebiet. Auch die Kombination dieser Funktionalitäten mit leistungsflussregelnden Eigenschaften ermöglicht in Verteilungsnetzen einen vergrösserten Spielraum in der Betriebsführung und gleichmässigeren Ausnutzung der installierten Übertragungs- bzw. Verteilungseinrichtungen. Mit den vorliegenden Ergebnissen sind neben anpassungsfähigeren Übertragungsnetzen auch "Flexible AC Distribution Systems, FACDS" realisierbar.

Neben der Entwicklung des grundsätzlichen Verfahrens zur Systemplanung und –spezifikation mit FACTS-Elementen lag ein besonderer Schwerpunkt auf der Untersuchung der Wirtschaftlichkeit dieser Einrichtungen. Über die Analyse der Wirtschaftlichkeitsfaktoren hinaus und die Berechnung spezifischer Anlagenkosten, ist anhand von Fallbeispielen unter Analyse quantifizierbarer und

nicht quantifizierbarer Faktoren die Wirtschaftlichkeit von FACTS-Elementen nachgewiesen worden. Je nach Anwendungsgebiet eignen sich FACTS-Elemente nicht nur zur Verbesserung des Betriebsverhaltens langer Leitungen. Aufgrund der sehr geringen zu installierenden Leistungen ist deren wirtschaftliches Anwendungsgebiet insbesondere auch in stark vermaschten Übertragungsnetzen zu suchen.

In vielen Fällen, wie beispielsweise bei lokalen Engpässen oder einem veränderten Exportverhalten, ermöglicht bereits die Anwendung sehr kleiner Einheiten Abhilfe für diese Problemstellungen. Systemorientierung bei diesen Ausführungen bedeutet vorrangig die Analyse und Spezifikation einer zusätzlichen Funktion, die spezifische Netzprobleme löst und durch die Integration leistungselektronischer Einrichtungen zum System wirtschaftlich hinzugefügt werden kann. Die Betrachtung der Installation eines "neuen Betriebsmittels" tritt dabei in den Hintergrund. Mit den Ergebnissen des hier beschriebenen Projektes liegt damit neben einer Grundlage für Spezifikation systemorientierter FACTS-Elemente, deren technische Reaslisierung bezüglich aller Instanzen der elektrischen Energieübertragung und –verteilung, auch ein Verfahren zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit dieser Einrichtungen unter Berücksichtigung des Gesamtsystems vor.