

| | |
|---------------------------|---|
| Üniversite | : İstanbul Kültür Üniversitesi |
| Enstitüsü | : Lisansüstü Eğitim Enstitüsü |
| Dalı | : Elektrik-Elektronik Mühendisliği |
| Program | : Elektrik-Elektronik Mühendisliği |
| Tez Danışmanı | : Prof. Dr. Mehmet Oruç BİLGİÇ |
| Tez Türü ve Tarihi | : Yüksek lisans – MAYIS 2025 |

KISA ÖZET

ANAHTARLAMALI JİRATÖRÜN ENERJİ SİSTEMLERİNDE UYGULAMALARI

Ali Napeyda

Elektrik güç sistemleri, hızla büyüyen ve giderek karmaşıklaşan bir yapıya sahiptir. Bu sistemlerde, üretim ile talep arasındaki dengeyi sağlamak için güvenilir ve istikrarlı bir enerji temini büyük önem taşır. Ayrıca, sistemin tüm bileşenlerinin etkin ve verimli bir şekilde çalışması da kritik bir rol oynar. Ancak, artan yük talebi ve büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme entegrasyonu ile birlikte, düzensiz güç akışı dağılımı, hat aşırı yüklenmesi, artan kayıplar ve azalan güç iletimi gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlar, şebekenin zayıflamasına yol açmaktadır.

Zayıf şebekelerin iki temel özelliği bulunmaktadır: yüksek şebeke empedansı ve zengin arka plan harmonikleri. Bu özellikler, sistemin kararlılığı ve verimliliği üzerinde ciddi zorluklar yaratmakta ve elektrik güç sisteminin performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Güç iletim sistemlerinde karşılaşılan temel sorunlardan biri, reaktif güç dengesizliği ve iletim kayıplarıdır. Bu durum, sistem kararlılığını ve güç kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Reaktif güç kompanzasyonu, bu dengesizliği gidermek ve güç kalitesini iyileştirmek için kullanılan etkili bir yöntemdir. Aynı zamanda, sistem verimliliğini artırarak enerji kayıplarını azaltır ve şebekenin daha kararlı çalışmasını sağlar.

Yarı iletken teknolojisinin yaygınlaşmasından önce, reaktif güç kompanzasyonu gibi sorunlar elektromekanik anahtarlar aracılığıyla çözülmüyordu. Bu yöntemde, şebekeye kondansatör, reaktör veya senkron jeneratör gibi bileşenler uygulanıyordu. Ancak mekanik anahtarların kullanımı birçok dezavantajı beraberinde getiriyordu. Bunlar arasında, tepki sürelerinin oldukça yavaş olması ve zamanla aşınmalarının yaygın bir sorun haline gelmesi öne çıkıyordu. Bu durum, sistemin verimliliğini ve güvenilirliğini olumsuz etkiliyordu. Ancak günümüzde güç elektroniği tabanlı esnek "AC" iletim sistemleri (FACTS) ve özellikle birleşik güç akış denetleyicisi (UPFC) gibi modern teknolojiler, iletim hatları ve bara gerilimlerinde reaktif ve aktif gücün aynı anda bağımsız olarak kontrol edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu teknolojiler, iletim hatlarının hem statik hem de dinamik işleyişi açısından önemli avantajlar sunar. Ayrıca, bu tür cihazlar, akıllı şebekelerin gelişimine öncülük ederek, güç sisteminin esneklik, kararlılık ve verimliliğini artıran etkili bir çözüm sağlamaktadır.

Bu alandaki yenilikçi uygulamalardan biri, anahtarlama jirator ile değişken kondansatör elde ederek reaktif güç kompanzasyonu sağlamasıdır. Bu yöntem, reaktif güçten kaynaklanan sorunlara karşı ileri düzey bir teknoloji sunar ve güç sistemlerindeki güç akışının daha etkili bir şekilde yönetilmesini ve kontrol edilmesini mümkün kılar. Jiratorlar, temelde bir tür aktif devre elemanı olarak, reaktif ve aktif güç arasındaki ilişkiyi optimize edebilir ve enerji akışını daha verimli hale getirebilir. Bu çalışmada, bu prensibi temel alan benzer uygulamalar incelenmektedir.

Özellikle çift yönlü "MOSFET" anahtarlarıyla entegre edilen anahtarlama jiratorlar, dört bölge çalışma modları sayesinde enerji transferinde büyük bir esneklik sağlar ve sistem kararlılığını artırır. Bu özellikleri nedeniyle anahtarlama jiratorlar, geleceğin enerji sistemlerinde kritik bir rol oynayabilecek ve yeni nesil teknolojiler arasında yer almaya adaydır. Bu teknoloji, enerji şebekelerinin daha esnek, kararlı ve verimli çalışmasına doğrudan katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Anahtarlama Jirator, Enerji sistemleri, Kompanzasyon, Reaktif güç, Harmonik Filtre.

University : Istanbul Kultur University
Institute : Institute of Graduate Studies
Department : Electric-Electronic Engineering
Program : Electric-Electronic Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Oruç BİLGİÇ
Degree Awarded and Date : MS – MAYIS 2025

ABSTRACT

APPLICATIONS OF THE SWITCHED GYRATOR IN ENERGY SYSTEMS

Ali Napeyda

The electric power systems is a rapidly growing and increasingly complex structure. In this systems, ensuring a reliable and stable energy supply to balance generation and demand is of great importance. Additionally, the effective and efficient operation of all system components plays a critical role. However, with the increasing load demand and the integration of large-scale renewable energy sources, issues such as irregular power flow distribution, line overloading, increased losses, and reduced power transmission have emerged. These problems lead to the weakening of the grid.

Weak grids have two fundamental characteristics: high grid impedance and rich background harmonics. These characteristics create significant challenges for system stability and efficiency, negatively impacting the performance of the electric power system.

One of the primary issues encountered in power transmission systems is reactive power imbalance and transmission losses. This situation can adversely affect system stability and power quality. Reactive power compensation is an effective method used to address this imbalance and improve power quality. At the same time, it enhances system efficiency, reduces energy losses, and ensures more stable grid operation.

Before the widespread adoption of semiconductor technology, issues such as reactive power compensation were resolved using mechanical switches. In this method, components such as capacitors, reactors, or synchronous generators were applied to the grid. However, the use of electromechanical switches came with several disadvantages. Among these, the slow response times and the eventual wear and tear were prominent issues. This situation negatively affected the system's efficiency and reliability. Today, power electronics-based flexible AC transmission systems (FACTS) and particularly advanced technologies like the unified power flow controller (UPFC) enable the independent and simultaneous control of reactive and active power in transmission lines and bus voltages. These technologies offer significant advantages in both the static and dynamic operation of transmission lines. Moreover, such devices lead the development of smart grids, providing an effective solution that enhances the flexibility, stability, and efficiency of the power system.

One of the innovative applications in this field is the use of a switched gyrator to achieve variable capacitance for reactive power compensation. This method offers advanced technology to address issues arising from reactive power and enables more effective management and control of power flow in power systems. Gyrators, essentially a type of active circuit element, can optimize the relationship between reactive and active power and make energy flow more efficient. This study examines similar applications based on this principle.

Switched gyrators integrated with bidirectional MOSFET switches, in particular, provide significant flexibility in energy transfer and enhance system stability through their four-quadrant operation modes. Due to these features, switched gyrators are poised to play a critical role in future energy systems and are candidates to be among the next-generation technologies. This technology directly contributes to making energy grids more flexible, stable, and efficient.

Keywords: Switched Gyrator, Energy Systems, Compensation, Reactive Power, Harmonic Filter.