



Konferans Bildirisi

Volt-VAr Yönetim Sistemi

Erman Terciyanlı¹, Harun Köroğlu², Ayşegül Kutlay³, Canan Şişman Korkmaz⁴, Zekeriya Güneş^{5*}

¹Inavitas Enerji A.Ş., <https://orcid.org/0009-0000-4940-5912>, e-mail: erman.terciyanli@inavitas.com

²Inavitas Enerji A.Ş., <https://orcid.org/0000-0001-9936-598X>, e-mail: harun.koroglu@inavitas.com

³Inavitas Enerji A.Ş., <https://orcid.org/0000-0001-5645-1538>, e-mail: aysegul.kutlay@inavitas.com

⁴Inavitas Enerji A.Ş., <https://orcid.org/0000-0001-6394-2319>, e-mail: canan.korkmaz@inavitas.com

⁵Inavitas Enerji A.Ş., <https://orcid.org/0009-0003-3058-9979>, e-mail: zekeriya.gunes@inavitas.com

*Zekeriya Güneş; zekeriya.gunes@inavitas.com

Received 19 October 2024

Received in revised form 03 December 2024

In final form 12 December 2024

4th International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2024)
December 19 - 20, 2024

Reference: Terciyanlı, E., Köroğlu, H., Kutlay, A., Şişman Korkmaz, C., & Güneş, Z. (2024). Volt-VAr management system. Orclever Proceedings of Research and Development, 5(1), 338-346.

Özet

Bu çalışmada yeni geliştirilmiş sistem, CBS (Coğrafya Bilgi Sistemi) SCADA-DMS ve Saha Cihaz Kontrolcülerini gibi yardımcı sistemler ile entegrasyon sağlanmış olup, TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) trafo merkezlerindeki fiderlerin aktif ve reaktif güç akışını izlerken, reaktör, kapasitör ve MCR (Manyetik Kontrollü Reaktör)'lerin uzaktan izlenmesi ve otomatik olarak devreye alınmasını sağlamaktadır. VVMS (Volt-VAr Yönetim Sistemi) ile optimize edilmiş reaktif güç ve gerilim yönetimi, güç faktörünü iyileştirerek teknik kayıpları azaltarak enerji maliyetlerini düşürmekte, gerilim regülasyonu ile düşük veya yüksek gerilim problemlerinin önüne geçerek güç kalitesini iyileştirmektedir. Ayrıca, reaktif güç yönetimiyle endüktif ve kapasitif sınırların aşılmaması için gerekli hesaplamalar yapılmakta ve ilgili teçhizat uzaktan ya da koruma rölesi üzerinden kontrol edilebilmektedir. Sistem, enerji kayıplarını ve gerilim düşüşlerini azaltmayı hedefleyerek daha verimli bir şebeke yönetimi sunmaktadır.

Anahtar: Volt-VAr yönetimi, Reaktif güç optimizasyonu, Gerilim regülasyonu, Güç faktörü iyileştirme, Şebeke verimliliği, Güç kalitesi artırma, Teknik Kayıp, Elektrik Dağıtım Şebekesi



Volt-VAr Management System

Abstract

In this paper, the newly developed system has been integrated with auxiliary systems such as GIS (Geographic Information System), SCADA-DMS, and Field Device Controllers. It monitors the active and reactive power flow of feeders at TEİAŞ (Turkey's Electricity Transmission Corporation) transformer stations, while enabling the remote monitoring and automatic switching of reactors, capacitors, and MCR (Magnetic Controlled Reactors). Optimized reactive power and voltage management with the VVMS (Volt-VAr Management System) improves the power factor, reduces technical losses, and lowers energy costs. It also prevents low or high voltage issues through voltage regulation, thereby improving power quality. Additionally, reactive power management performs necessary calculations to ensure that inductive and capacitive limits are not exceeded, and the relevant equipment can be controlled remotely or via protection relays. The system aims to reduce energy losses and voltage drops, providing more efficient grid management.

Keywords: Volt-VAr management, Reactive power optimization, Voltage regulation, Power factor improvement, Grid efficiency, Power quality enhancement, Technical Loss, Electrical Distribution Network



1. Giriş

Fider İzleme Sistemi, elektrik dağıtım şebekelerinde fider seviyesinde akım, gerilim, güç, enerji ve güç kalitesi parametrelerini sürekli olarak izleyen ve analiz eden bir sistemdir. Bu sistem, şebekedeki anlık durumları değerlendirmek, anormallikleri tespit etmek ve enerji dağıtımında verimliliği artırmak amacıyla kullanılır. Fider izleme sistemleri, arıza tespiti ve müdahalesini hızlandırmanın yanı sıra kayıp-kaçak oranlarının hesaplanmasına ve optimize edilmesine de olanak tanır.

Aynı zamanda Volt-Var Yönetim Sistemi (VVMS), elektrik şebekelerinde gerilim (volt) ve reaktif güç (VAr) kontrolünü optimize etmeye yönelik bir tekniktir. VVMS, şebekenin farklı noktalarındaki gerilim değerlerini kontrol ederek enerji kalitesini artırmayı, güç kayıplarını azaltmayı ve şebekenin verimliliğini maksimize etmeyi hedefler.

“DAĞITIM LİSANSI SAHİBİ TÜZEL KİŞİLER VE GÖREVLİ TEDARİK ŞİRKETLERİNİN TARİFE UYGULAMALARINA İLİŞKİN USUL VE ESASLAR” yönetmeliği ve TEİAŞ Uygulama Yönergelerine göre , kapasitif reaktif enerji için %15 ve endüktif reaktif enerji için %20 sınır değerleri bulunmaktadır. Elektrik dağıtım şirketleri, bu sınır değerlerini aşmamak ve Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) kapsamında cezai yaptırımlara maruz kalmamak için şebekelerine MCR (Manyetik Kontrollü Reaktör), kapasitör ve reaktör gibi ekipmanlar yatırımı yapmaktadır. Ancak, bu ekipmanların sürekli devrede olmalarına gerek bulunmamaktadır. Bu nedenle, genellikle yalnızca ihtiyaç duyulduğunda devreye alınmaları gerekmektedir. Kapasitfi ve reaktif güç oranları hesabı aylık bazda bakılmakta olup, elektrik dağıtım şirketleri genellikle belirlenen sınırlar içersinda kalmak için son beş gün şebekede bulunan kapasitör, reaktör ve MCR 'leri devreye almaktadır.

Güncel uygulamalarda, bu devreye alma işlemleri genellikle her ayın sonunda manuel olarak gerçekleştirilmekte ve bu işlemler için ekip atamaları yapılmaktadır. Ancak, ayın son günleri sadece belirlenen sınır değerleri içersinden kalmak odaklı olduğu için kompanzasyon sistemleri devreye alınmaktadır. Bu durum ayın diğer günleri fiderlerde fazla reaktif güç bulunduğu için teknik kayıp artmasına neden olmaktadır.

Bu bağlamda, geliştirilen yazılım çözümü ile 15 dakikalık periyotlarda bir kontrol mekanizması oluşturulması önerilmektedir. Bu yazılım, şebekede kapasitif veya endüktif reaktif enerji fazlalığı tespit edildiğinde, mevcut duruma ve ihtiyaca göre MCR, kapasitör veya reaktörün devreye alınmasını otomatik olarak gerçekleştirmektedir. Bu yaklaşım sayesinde, fiderlerdeki teknik kayıplar en aza indirilecek, gerilim regülasyonu sağlanacak ve şebekenin verimliliği artırılabacaktır. Böylelikle operatör odaklı iş süreçleri



tamamen ortadan kaldırılmış olacak ve kişiye bağlı problemler minimize edilmiş olacaktır. Bir diğer faydası ise sahaya gitmeye gerek kalmadan uzaktan devreye alma ve devreden çıkarma işlemleri yapılarak İSG açısından tehlikeli durumların ortadan kalkması ile birlikte OPEX maliyetleri azaltılacaktır.

Bu makalede, Volt-VAR Yönetim Sistemi (VVMS) tanıtımı yapılmaktadır. Söz konusu sistem, Fider izleme sistemi yazılımı ile birlikte, şebekedeki reaktif güç (VAr) akışını ve voltaj seviyelerini optimize etmeye yönelik merkezi bir otomasyon çözümü sunmaktadır. Yeni kurulacak sistem, CBS (Coğrafya Bilgi Sistemi) ve SCADA-DMS sistemlerine entegrasyonu yapılarak tasarlanmıştır TEİAŞ Trafo Merkezleri fiderlerinin İnavitas Fider izleme sistemiyle izlenmesi, reaktif güç verileri doğrultusunda, fider üzerinde bulunan reaktör, kapasitör ve MCR'lerin İnavitas VVMS sistemi sayesinde izlenmesi ve otomatik reaktif güç desteğinin sağlanması hedeflenmektedir.

Elektrik dağıtım şebekeleri son zamanlarda dağıtık üretim kaynaklarının sayısı arttıkça çift yönlü yük akışın olduğu bir yapıya geçmiştir. Dağıtık üretim kaynaklarının artmasının bir sonucu olarak elektrik dağıtım şirketleri daha karmaşık hale gelmiştir ve gerilim yükselmesi problemlerini de beraberinde getirmiştir. Sistem, güç faktörünü iyileştirirken bir diğer önemli konu ise elektrik dağıtım şebekesinden yaşanan gerilim düşümü ve yükselmesi sorunlarını kompanzasyon sistemleri ile çözmektedir. Mevcut durumda kompanzasyon sistemleri ile gerilim düzenlemesi yapılamaz ve sadece reaktif güç düzenlemesi yapıldığı için şebekede gerilim bozulmalarına neden olmaktadır. VVMS sistemi ile birlikte volt öncelikli bir yapıda VAr desteği çalıştırılarak optimize edilmiş gerilim seviyesi ile aşırı ve düşük gerilim durumları engellenerek, daha stabil bir gerilim seviyesi elde edilmekte ve güç kalitesi iyileştirilmektedir. Bu yaklaşım, yüklenme koşulları altında gerilim regülasyonu ve reaktif güç kontrolünü sağlarken, kayıpları ve gerilim düşümünü azaltmak amacıyla güç faktörünü ideal sınırlar içinde tutmayı amaçlamaktadır.

Ayrıca, trafo merkezlerinden alınan reaktif yük ölçümleri doğrultusunda, yönetmeliklere uygun olarak endüktif veya kapasitif sınır değerlerini aşmamak için gerekli reaktif güç sistemleri sürekli hesaplanarak, ilgili teçhizatların devreye alınması sağlanacaktır. Bölgedeki teçhizat için uzaktan kesici devreye alma ve devreden çıkarma işlemleri, otomatik sistem ve koruma rölesi aracılığıyla yapılabilecektir. Genel olarak elektrik dağıtım şirketlerin aşağıdaki sorunlar yaşanmaktadır:

- Gerçek zamanlı sistem takibi
- Oluşan gerilim dengesizliklerinin yönetilmesi
- Karmaşık şebeke yapısında zorlaşan kontrol
- Regülasyon limitlerinin dışına çıkılması sonucu ortaya çıkan ceza bedelleri



- Zaman alıcı analiz ve raporlama süreçleri
- Güç kalitesi problemlerinin anlık tespit edilerek giderilmesi

Bu sorunlar VVMS’de geliştirilen aşağıdaki modüller sayesinde çözülmektedir:

- Anlık İzleme Modülü
- Alarm Modülü
- Rapor Modülü
- Kompanzasyon Sistemleri Yönetim Modülü (KSYM)
- Kompanzasyon ve Gerilim Regülasyonu Modülü

Bu sistem, enerji verimliliğini artırarak, elektrik şebekelerindeki güç kalitesini iyileştirmeyi ve operasyonel verimliliği artırmayı amaçlamaktadır.

2. SİSTEM VE MODÜLER YAPI

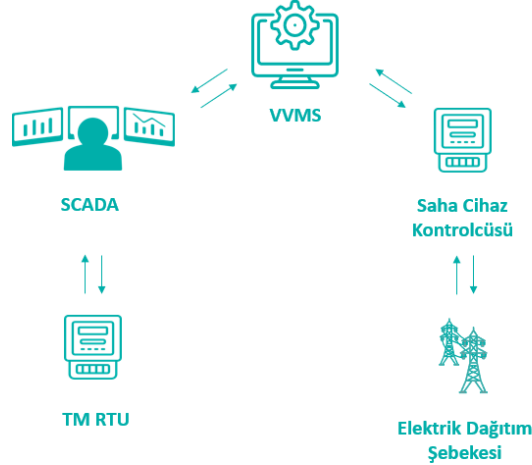
Volt/VAr Yönetim Sistemleri (VVMS), elektrik dağıtım sistemlerinde voltaj regülasyonu ve reaktif güç yönetimi için geliştirilmiş kapsamlı bir yazılım çözümüdür. Bu sistemler, voltaj seviyelerini ve reaktif güç akışını gerçek zamanlı olarak izleyip optimize ederek enerji kayıplarını en aza indirmeyi, voltaj dalgalanmalarını önlemeyi ve şebeke performansını artırmayı hedefler. Reaktif güç desteği sağlayarak enerji talebinin daha etkin bir şekilde karşılanmasına olanak tanır ve bu sayede enerji kalitesini iyileştirir. VVMS, enerji maliyetlerinin düşürülmesine, operasyonel süreçlerin verimliliğinin artırılmasına ve şebekenin güvenilirliğinin sürdürülebilir kılınmasına önemli katkılar sağlar.

Modüler yapısı sayesinde, kullanıcıların farklı ihtiyaçlarına yönelik özelleştirilebilir çözümler sunar ve operasyonel verimliliği artırır. Bu kapsamda, anlık izleme, alarm yönetimi, raporlama, kompanzasyon sistemleri yönetimi ve gerilim regülasyonu gibi kritik işlevleri yerine getirir. Volt-VAr Yönetim Sistemi, hem teknik hem de yasal gereklilikleri karşılayarak enerji dağıtımında sürdürülebilirlik, güvenlik ve esneklik sağlamayı hedefler.

2.1. Anlık İzleme Modülü

Sistem, tüm merkezlerin anlık izlenmesini mümkün kılacak bir yapı sunacaktır. Bu kapsamda tasarlanacak bir sayfa üzerinden, ilgili merkezlerden en son okunan veya alınan veriler, haberleşme durumları ile merkezde veya birimde mevcut olan aktif alarmlar ya da olaylar gözlemlenebilecektir. Her bir merkez veya birim için bir detay sayfası tasarlanacak olup, bu sayfada ilgili merkezden alınan tüm veriler ayrıntılı bir

şekilde sunulacaktır. Ayrıca, kullanıcıların manuel müdahalede bulunabilmesi amacıyla, açma-kapama komutları sayfada yer alan butonlar aracılığıyla gönderilebilecektir.



Şekil 1 Volt/VAr Yönetim Sistemi

2.2. Alarm Modülü

Önerilen Alarm Modülü, kullanıcıların her bir merkez veya birim için belirlediği parametreler doğrultusunda alarm tanımlamalarına olanak tanıyacaktır. Kullanıcı tarafından tanımlanan alarmlar, alarm listesinde görüntülenecek olup, birim, tarih ve alarm tipi gibi çeşitli kriterlere göre sorgulanabilecektir. Bu kapsamda, kullanıcılar hem analog hem de sayısal verilere yönelik alarm tanımlamaları yapabilecek ve tanımlanan alarmlar güncel ve geçmiş alarm listelerinde sıralanabilecektir.

Tanımlanan alarmlar, kullanıcı tercihlerine bağlı olarak e-posta veya SMS yoluyla atanmış kullanıcılara iletilebilecektir. Alarm tanımlamaları, gerçek zamanlı veriler üzerinden gerçekleştirilecek; ardından belirli bir cihaz veya cihaz grubu ile ilişkilendirilerek ilgili kullanıcıya atanabilecektir. Bu yapı, alarm yönetim süreçlerinde etkinliği artırarak kullanıcıların sistem performansını ve güvenilirliğini daha üst seviyeye taşımasını sağlayacaktır.

2.3. Rapor Modülü

Raporlama Modülü kapsamında, ölçülen analog ve dijital değerlerin, ilgili mevzuatlar çerçevesinde raporlanması sağlanacaktır. Bu modülde, kullanıcılar belirli rapor türlerine uygun değişkenleri seçebilecek ve oluşturulan raporlar, kullanıcılara e-posta yoluyla iletilebilecektir.



2.4. Kompanzasyon Sistemleri Yönetim Modülü

Bu çalışmada, KSYM reaktif enerji oranlarının sağlanması koşuluyla, operatör tarafından ilgili fiderler için belirlenen gerilim etkin değerini referans alarak çalışacaktır. Modül, mevcut durumda kontrol edilebilen ekipmanları simüle ederek hem reaktif güç akışını hem de bara gerilimini regüle etmeye yönelik bir işleyiş sergileyecektir. Operatör, sistemin işleyişine dair set değerlerini ve kontrol bandı genişliğini manuel olarak belirleyebilecektir. Ayrıca, gerilim etkin değerine ilişkin yönetmeliklerde belirtilen alt ve üst sınırların aşılmamasını garanti altına almak amacıyla, ilgili parametrelerin operatör tarafından tanımlanmasına olanak tanınacaktır.

2.5. Kompanzasyon ve Gerilim Regülasyonu Modülü

Bu çalışma kapsamında, Kontrol ve Simülasyon Yönetim Modülü (KSYM), reaktif enerji oranlarının sağlanması koşuluyla, operatör tarafından ilgili fiderler için belirlenen gerilim etkin değerini esas alacaktır. Mevcut durumda kumanda edilebilecek ekipmanların simülasyonu yapılarak, reaktif güç akışını ve bara gerilimini düzenleyecek şekilde işlev görecektir. Operatör, kontrol bandının genişliği ile birlikte set edilecek gerilim değerini manuel olarak belirleyebilecektir. Ayrıca, yürürlükteki yönetmeliklerde gerilim etkin değeri için tanımlanan alt ve üst sınırların aşılmamasını sağlamak amacıyla, ilgili parametrelerin operatör tarafından girilmesine olanak tanınacaktır.

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, Volt-VAr Yönetim Sistemi (VVMS) , reaktif güç yönetimi ve voltaj regülasyonu alanlarında kapsamlı bir çözüm sunan bir sistemin tasarımı ve işleyişi ele alınmıştır. Sunulan sistem, modüler yapısı sayesinde farklı kullanıcı gereksinimlerine uyum sağlarken, enerji verimliliğinin artırılması, güç faktörünün iyileştirilmesi ve enerji maliyetlerinin düşürülmesi gibi temel hedeflere ulaşmayı amaçlamaktadır.

TEİAŞ trafo merkezleri ve fiderlerinde reaktif güç akışının ve gerilim seviyelerinin optimizasyonuna yönelik olarak geliştirilmiş bu sistem, enerji kayıplarını en aza indirmekte ve güç kalitesini artırmaktadır. Bunun yanı sıra, sistemin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Otomatik Sayaç Okuma Sistemleri (OSOS) ile entegre çalışabilecek şekilde tasarlanmış olması, izleme ve yönetim süreçlerinde bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

Elde edilen sonuçlar, şebeke performansının artırılması, enerji dağıtımında sürdürülebilirliğin sağlanması ve operasyonel süreçlerin iyileştirilmesi açısından önemli



katkılar sağlamaktadır. Sistem hem teknik hem de yasal gerekliliklere uygunluğu ile enerji sektöründe yenilikçi bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu kapsamda, geliştirilmiş VVMS yapısının, güç kalitesini artırmaya ve enerji sistemlerinin daha etkin bir şekilde yönetilmesine yönelik gelecekteki çalışmalara önemli bir referans teşkil edeceği değerlendirilmektedir.

4. Tartışma

Bu çalışmada tanıtılan Volt-VAr Yönetim Sistemi (VVMS) entegrasyonu, reaktif güç yönetimi ve voltaj regülasyonu alanında kapsamlı bir çözüm sunarak, şebeke operasyonlarının iyileştirilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması hedeflerini desteklemektedir. Ancak, sistemin tasarımı ve uygulanabilirliği bağlamında bazı önemli hususlar tartışmaya değerdir.

Öncelikle, sistemin performansı büyük ölçüde veri doğruluğuna ve güvenilirliğine bağlıdır. Trafo merkezlerinden ve fiderlerden alınan verilerin eksiksiz, doğru ve zamanında iletilmesi, reaktif güç akışını ve gerilim seviyelerini etkili bir şekilde optimize etmek için kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, veri iletiminde olası hataların veya iletişim kesintilerinin sistemin karar alma süreçlerini etkileyebileceği ve güç kalitesini olumsuz yönde etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum, sistemin sahadaki güvenilirliğini artırmaya yönelik daha ileri teknolojilerin entegrasyonunu gerekli kılmaktadır.

Bunun yanı sıra, CBS ve SCADA-DMS gibi mevcut altyapılarla uyumluluk, sistemin uygulama aşamasında karşılaşılabilecek önemli bir teknik zorluk olarak öne çıkmaktadır. Geliştirilen modüllerin ölçeklenebilir ve esnek yapısı, entegrasyon sürecinde avantaj sağlasa da bu entegrasyonun hem farklı teknik standartlara hem de bölgesel şebeke dinamiklerine uygun bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, bu süreçte kullanılan ekipmanların bakım, kalibrasyon ve uzun vadeli işletim maliyetleri de sistemin ekonomik sürdürülebilirliği açısından değerlendirilmelidir.

Bir diğer önemli husus, kullanıcı adaptasyonu ve sistem kabulüdür. Sistemin yüksek teknolojik kapasitesinden tam anlamıyla faydalanabilmek için kullanıcıların bu sistemin işleyişine hâkim olmaları gerekmektedir. Bu doğrultuda, kapsamlı eğitim programlarının oluşturulması ve kullanıcı farkındalığının artırılması, sistemin etkinliğini artırmada önemli bir rol oynayacaktır. Aynı zamanda, düzenleyici standartların ve



politika değişikliklerinin hızla evrilmesi, sistemin sürekli güncellenebilir ve adaptif bir yapıda tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Sonuç olarak, geliştirilen sistemin sunduğu yenilikçi yaklaşımlar enerji sektöründe önemli kazanımlar vaat etmekle birlikte, veri güvenilirliği, teknik entegrasyon ve kullanıcı adaptasyonu gibi konular, gelecekteki araştırma ve geliştirme çalışmaları için ele alınması gereken kritik alanlar olarak öne çıkmaktadır. Bu tür çalışmalar, sistemin performansını artırmanın yanı sıra, farklı bölgesel ve teknik bağlamlarda uygulanabilirliğini genişletecektir.

5. Teşekkür

Inavıtas firmasına değerli çalışma katkıları için teşekkür ederiz.