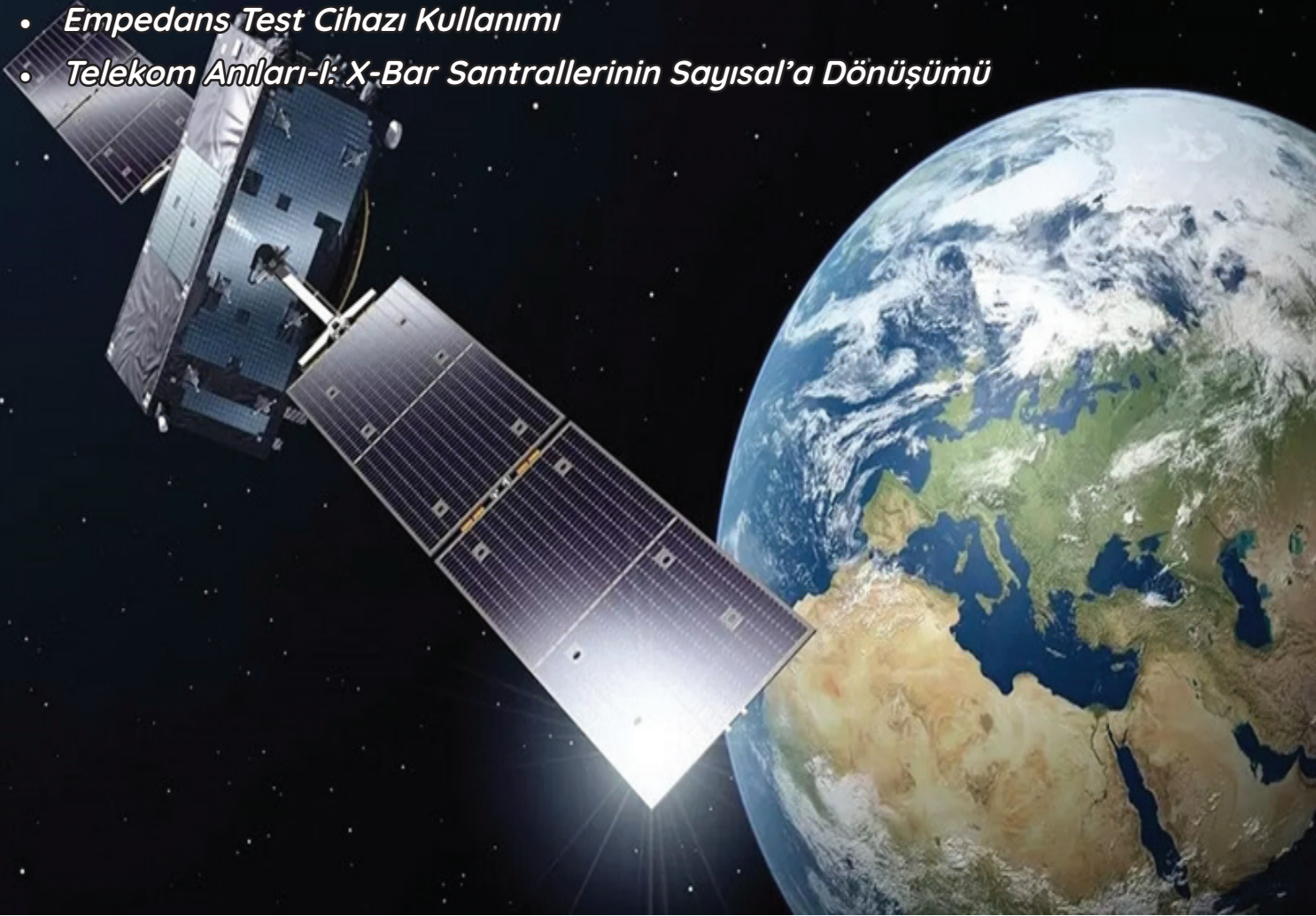


- *Ormansız Ve Ağaçsız Toprak Vatan Değildir*
- *Türkiye’de Uydu Teknolojilerinin Gelişimi*
- *Fotovoltaik Sistemlerde Güvenlik: Sistemi Hızlı Kapatma Ve Modül Seviyesinde Güç Elektroniği Çözümlerinin Teknik İncelemesi*
- *Geleceğin Nükleer Enerji Dünyasının Yeni Aktörleri : SMR ve Mikro Reaktörler*
- *Enerji Depolama Teknolojileri: Konfigürasyon, Piyasa, İnovasyon, Yapay Zeka Ve Sürdürülebilirlik*
- *Elektrik-Elektronik Mühendisliğinin Yapay Zeka Personelleriyle Evrimi: Yeni Ufuklar ve Yetkinlikler*
- *ChatGPT İle Elektronik ve Biyomedikal Teknolojisi Sohbeti*
- *Hidrojen Yakıt Hücresinden Sofc Teknolojisine Geçiş*
- *Enterkonnekte Şebeke Çöküşlerindeki İnvertörlerin Rolü*
- *Elektronik Laboratuvar Ekipmanları Ve Kullanımları -6*
- *Empedans Test Cihazı Kullanımı*
- *Telekom Anıları-I: X-Bar Santrallerinin Sayısal’a Dönüşümü*



İÇİNDEKİLER...

Ormansız Ve Ağaçsız Toprak Vatan Değildir <i>Cevdet ASLAN</i>	1	ChatGPT İle Elektronik ve Biyomedikal Teknolojisi Sohbeti <i>Önder ŞİŞER</i>	30
Türkiye’de Uydu Teknolojilerinin Gelişimi <i>Ali BAYGELDİ</i>	3	Hidrojen Yakıt Hücresinden Sofc Teknolojisine Geçiş <i>Cemaleddin UĞUZ</i>	36
Fotovoltaik Sistemlerde Güvenlik: Sistemi Hızlı Kapatma Ve Modül Seviyesinde Güç Elektroniği Çözümlerinin Teknik İncelemesi <i>Asuman ERKUL</i>	6	Enterkonnekte Şebeke Çöküşlerindeki İnvertörlerin Rolü <i>Dr. Turan ÇAKIL</i>	37
Geleceğin Nükleer Enerji Dünyasının Yeni Aktörleri : SMR ve Mikro Reaktörler <i>Doç. Dr. Mehmet BULUT</i>	11	Yazı Dizisi Elektronik Laboratuvar Ekipmanları Ve Kullanımları -6 Empedans Test Cihazı Kullanımı <i>Önder ŞİŞER</i>	42
Enerji Depolama Yazı Dizisi-4 Enerji Depolama Teknolojileri: Konfigürasyon, Piyasa, İnovasyon, Yapay Zeka Ve Sürdürülebilirlik <i>Gözde DEMİRSOY</i>	20	Telekom Anıları-I X-Bar Santrallerinin Sayısal’a Dönüşümü <i>Zuhuri YAMAN</i>	47
Elektrik-Elektronik Mühendisliğinin Yapay Zeka Personelleriyle Evrimi: Yeni Ufuklar ve Yetkinlikler <i>Buğra AYAN</i>	27	Bilimsel Gelişmeler <i>Önder ŞİŞER</i>	50
		Şube Güncesi	55

ilgili sayfaya ilerlemek için
başlığa tıklayınız



TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI ANKARA ŞUBESİ HABER BÜLTENİ

Sayı: 2025/3

EMO Ankara Şubesi Adına Sahibi: Cevdet Aslan, Sorumlu Yazı İşleri Müdürü: Tarık Atakul

Yayın Kurulu: Önder Şişer, Mehmet Bulut, Ufuk Anıl Çelikel, Yusuf Karaarslan, Murat Karacan, Hatice Bilge Algın, Fatma Rana Arıbaş, Galip Orkun Arıcan, Seyfullah Özgüven, Sebati Göken, Turan Çakıl, Mehmet Orçun Ergün, Ahmet Turgut, Ferhat Kaan Ergün, Bekir Kurun, Ahmet Furkan Durgun

Yayın Tarihi: Aralık 2025

Yönetim Yeri: İhlamur Caddesi No: 10 Kızılay, 06640 Ankara/TÜRKİYE

Yayın İdare Merkezi: Tel: (0 312) 231 44 74, Faks: (0312) 232 10 88, Web: ankara.emo.org.tr, e-posta: ankara.bulten@emo.org.tr, facebook: /emoankara, twitter: /emoankara, youtube: emoankarasubesi, instagram: emoankara

3 AYDA BİR YAYINLANIR. Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şubesi üyelerine ücretsiz olarak dağıtılır. Dergide yer alan yazılar EMO Ankara Şubesi'nden izin alınarak yayınlanabilir, alıntı yapılabilir. Yayınlanan yazılardaki görüşler yazarın sorumluluğundadır.

Yayın Türü: Yerel Süreli Yayın

ORMANSIZ VE AĞAÇSIZ TOPRAK VATAN DEĞİLDİR*

Cevdet ASLAN - EMO Ankara Şubesi 27. Dönem Yönetim Kurulu Başkanı

Elektrik-Elektronik Mühendisi

cevdet.aslan@emo.org.tr

Sevgili meslektaşlarım;

2025 yılının ve EMO Ankara Şubesi 27. Dönemi'nin son haber bülteninde de sizlerle birlikte olmanın mutluluğunu yaşıyorum. Şubemizin 26. Döneminde oluşturulan EMO Ankara Şubesi Sevgi ve Barış Ormanı'na 22 Kasım 2025 tarihinde gelenekselleşen fidan dikimi etkinliğimizi üyelerimiz, aileleri ve EMO-Genç üyelerimiz ile birlikte gerçekleştirdik. Son yıllarda yaşadığımız trajik orman yangınlarından sonra, Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün "Ormansız Ve Ağaçsız Toprak Vatan Değildir" sözünden de hareketle ormanlarımızı korumanın ve çoğaltmanın en büyük ödev ve görevimiz olduğunu bir kez daha vurgulamak isterim. Eminim ki Şubemiz bundan sonraki yıllarda da ormanımızı kat be kat büyütecektir.

Ülkemizin gelişiminde geleceğin mimarı, bilimin genç fidanlarını yetiştiren, Başöğretmen Gazi Mustafa Kemal Atatürk başta olmak üzere tüm öğretmenlerimizin 24 Kasım öğretmenler gününü geçtiğimiz ay kutladık. Her birimizin bugünlere gelmesinde emek veren tüm öğretmenlere, aynı zamanda üniversitelerde genç mühendislerin yetişmesine katkı sunan değerli meslektaşlarımıza, hocalarımıza şükranlarımızı sunarız.

Değerli üyelerimiz,

EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni'nin 2025/3 sayısında yine birbirinden değerli ve özel teknik makaleler ile sizlerle birlikteyiz.

Geleceğin Nükleer Enerji Dünyasının Yeni Aktörleri : SMR ve Mikro Reaktörler makalesi ilginizi çekecektir. Küçük Modüler Reaktörler (SMR'ler), nükleer teknolojilerin yeni endüstriyel uygulamalara entegre edilmesinin önünü açan yenilikçi güvenlik özellikleri içermekte olduğundan, bu özellikleri sebebiyle potansiyel yatırımcılar için daha cazip görünmektedir. Bu reaktörler, nispeten düşük karbonlu elektrik ve ısı sağladıkları için entegre enerji sistemlerinde önemli bir rol oynamaları beklenmektedir. SMR'ler, ulaştırma, kimya ve çelik endüstrileri ve bölgesel ısıtma gibi emisyon azaltımı zor sektörlerin karbonsuzlaştırılmasına katkıda bulunabilirler. Kısacası,

Küçük Modüler Reaktörler (SMR'ler) ve mikro reaktörler, güvenlik, uygun fiyat, esnekliği temiz ve güvenilir enerjiye olan acil ihtiyaçla bir araya getirdikleri için nükleer enerjinin geleceğini temsil etmektedir. Toryum ile çalışan SMR'lerin de tasarlanmaya başlanması, Toryum rezerv zenginliği olan Ülkemiz için de önem arz etmektedir.

Enterkonnekte Şebeke Çöküşlerindeki İnvertörlerin Rolü makalesini Haber Bültenimizde bulabilirsiniz. Günümüzde güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması, invertör temelli kaynakların (IBR) elektrik şebekesindeki payını artırmaktadır. Şebekeye bağlı (on-grid) invertörler, klasik senkron jeneratörlerden farklı olarak elektromekanik atalet özelliği (H sabiti) yok ya da çok az olduğundan, şebekenin dinamik yanıtını doğrudan yazılım kontrolü ile sağlarlar. Bu durum, sistem kararlılığı, frekans ve gerilim kontrolü, kısa devre akımı seviyesi, koruma sistemleri ve güç kalitesi gibi alanlarda yeni sorunlara neden olmaktadır. Bu makalemizde, IEEE ve CIGRÉ standartlarına ve güncel literatüre göre invertör temelli kaynakların belirli parametreler üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Fotovoltaik Sistemlerde Güvenlik: Sistemi Hızlı Kapatma ve Modül Seviyesinde Güç Elektronik Çözümlerinin Teknik İncelemesi yazımızı da Haber Bültenimizde bulabilirsiniz. Binaya entegre fotovoltaik (Building Integrated Photovoltaics-BIPV) sistemler, dağıtık enerji üretiminin belkemiğini oluşturuyor. Genellikle çatı tipi olan bu sistemler, yüksek gerilimli DC devreler ve sürekli enerji üretimi nedeniyle yangın güvenliği ve elektriksel emniyet açısından benzersiz riskler barındırıyor. Bu makalede 'Sistemi Hızlı Kapatma' (Rapid Shutdown-RSD) ve 'Modül Seviyesinde Güç Elektronik' (Module Level Power Electronics -MLPE) çözümlerinin bu prensiplerle nasıl entegre edildiğini, hangi standartlara göre uygulandığını ve mühendislik tasarımındaki kritik parametrelerini inceliyoruz.

Enerji depolama teknolojileri yazı dizimizin sonuncu yazısı da Haber Bültenimizde bulunmak-

***Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK**

tadır. Enerji depolama teknolojileri; maliyet düşüşleri, teknolojik çeşitlenme (sodyum-iyon, LDES, katı hal) ve dijitalleşme (Yapay Zeka) ekseninde köklü bir dönüşüm geçirmektedir. Pazar, tek bir teknolojinin hakimiyetinden ziyade, uygulamanın gerektirdiği süre ve güç kısıtlarına göre özelleşmiş hibrit bir mimariye evrilmektedir. Türkiye, oluşturduğu yasal altyapı, 2035 kapasite hedefleri ve yerli üretim tesisleriyle (hücre üretimi, entegre tesisler) bu küresel dönüşümün önemli bir aktörü olma potansiyeline sahiptir. Sektörün geleceği; sadece teknik kapasite artışına değil, aynı zamanda tedarik zinciri güvenliğine, döngüsel ekonomi modellerine ve yapay zeka destekli akıllı işletme stratejilerine bağlı olacaktır. Enerji depolama, artık pasif bir altyapı unsuru değil, sürdürülebilir ve karbonsuz bir enerji sisteminin en stratejik yapı taşıdır.

Türkiye’de uydu teknolojilerinin gelişimi yazımızı haber bültenimizde bulabilirsiniz. Uzay sektörünün gelişmesinde en önemli faktör, hızlı ve rekabetçi olarak kendine yer bulan uydu teknolojileri olmuştur. Uydu teknolojileri, askeri ve sivil maksatlı kullanım imkanı sağlayan yenilikçi teknolojilerdir. Uydu teknolojilerinde yarış, 1957 yılında o zaman ki ismiyle SSCB tarafından Sputnik-1 uydusunun uzaya gönderilmesiyle başlamıştır. Sputnik-1 uydusunu başta ABD olmak üzere diğer ülkelerin geliştirdiği uydular izlemiştir. Bu yarış uzun yıllar rekabetçi bir şekilde devam etmiş ve edecektir.

Elektrik-Elektronik Mühendisliğinin Yapay Zeka Personelleriyle Evrimi: Yeni Ufuklar ve Yetkinlikler makalemiz de ilginizi çekecektir. Bilim ve teknoloji, özellikle elektrik-elektronik mühendisliği (EEM) alanında, yapay zeka (AI) devrimiyle birlikte köklü bir dönüşüm yaşamaktadır. Geleneksel mühendislik pratikleri, AI destekli otomasyon, akıllı sistemler ve veri odaklı karar alma mekanizmalarıyla yeniden şekillenmektedir. Bu makale, EEM alanındaki son teknolojik gelişmeleri akademik kaynaklar ışığında incelemekte ve bu gelişmelerin "yapay zeka personelleri" olarak adlandırılacak otonom sistemler ve AI araçları tarafından nasıl bir değişime uğratılacağını ele almaktadır.

Hidrojen yakıt hücresinden SOFC teknolojisine geçiş yazımızı da haber bültenimizde bulabilirsiniz.

Mühendislik hikayeleri olarak Ülkemizde ilk sa-

ırsal santralin kurulması yazısı da ilginizi çekecektir.

Elektronik Laboratuvar Ekipmanları ve Kullanımları yazı dizisinin 5.si olan Empedans Test Cihazı Kullanımı yazısını haber bültenimizde bulabilirsiniz.

Chat GPT ile elektronik ve biyomedikal alandaki sohbet yazılarımız bu bültenimizde de devam etmektedir.

Bilindiği gibi 7 Ekim2025’de Nobel ödülleri açıklandı. Fizik ödülü ‘Bir elektrik devresinde makroskopik kuantum tünelleme ve enerji kuantizasyonu’ çalışmasına verildi. Bu çalışma özellikle kuantum bilgisayarların gelişmesi için önemli katkılar sağladı. Bültenimizde yer alan 2025 yılında Dünyada ve Ülkemizde yaşanan teknolojik gelişmelerden bazılarını merakla okuyacağınızı umuyoruz.

Şubemizde uzun ve yoğun bir çalışma dönemini geride bırakıyoruz. 27. Dönem’de gerek kamu gerekse özel sektör kurum ve kuruluşlarının ziyaretleri ile Odamız, mesleğimiz ve meslektaşlarımız açısından verimli görüşmeler yaptık. Bu görüşmeler ile birlikte birçok kurum ve kuruluş ile işbirliği protokolleri imzaladık, çalıştay ve etkinlikler organize ettik. Üyelerimize ve EMO-Genç'lere yönelik webinar, etkinlik ve teknik geziler düzenledik. Meslektaşlarımızın sorunlarını, beklentilerini ve isteklerini birinci ağızdan ilgililere iletme ve birlikte çözüm önerileri geliştirme fırsatı bulduk. Yine bu dönem içinde birçok eğitim ve sağlık kuruluşuyla, akaryakıt firmaları ile indirim protokolleri imzalayarak EMO üyelerinin daha uygun fiyatlarla hizmet almasını sağlamaya çalıştık. Kısa bir özetle toparlamaya çalıştığımız faaliyetlerimizi buraya sığdırmak oldukça zor. Şubat ayı içinde gerçekleşecek Şubemiz 28. Olağan Genel Kurulu’nda siz değerli üyelerimiz ile paylaşacağımız çalışma raporunda çalışmalarımızı daha ayrıntılı inceleme imkanı bulacaksınız. İnanıyorum ki Şubemiz 28. Döneminde seçilecek olan yeni yönetim kurulu da bu çalışmaları devam ettirerek daha ileri noktalara taşıyacaktır

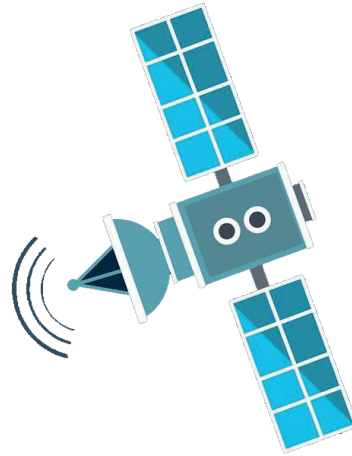
Yeni bir haber bültenimizde daha birlikte olmak dileklerimizle sizlere; sağlık, mutluluk ve başarılar dilerim.

TÜRKİYE'DE UYDU TEKNOLOJİLERİNİN GELİŞİMİ

Ali BAYGELDİ - EMO Ankara Şubesi
Elektronik Mühendisi
alibaygeldi@tua.gov.tr

Uzay sektörünün gelişmesinde en önemli faktör, hızlı ve rekabetçi olarak kendine yer bulan uydu teknolojileri olmuştur. Uydu teknolojileri, askeri ve sivil maksatlı kullanım imkanı sağlayan yenilikçi teknolojilerdir. Uydu teknolojilerinde yarış, 1957 yılında o zaman ki ismiyle SSCB tarafından Sputnik-1 uydusunun uzaya gönderilmesiyle başlamıştır. Sputnik-1 uydusunu başta ABD olmak üzere diğer ülkelerin geliştirdiği uydular izlemiştir. Bu yarış uzun yıllar rekabetçi bir şekilde devam etmiştir.

Günümüzde uydu teknolojilerinin kullanım alanları oldukça geniş ve yaygındır. Uzaydan gözlem yapma imkânı sağlayan uydular ve haberleşme uyduları ile hemen hemen yaşantımızın her alanında uydular kendilerine yer bulabilmektedirler. Uydular genel olarak, haberleşme, uzaktan algılama, uydu tabanlı konumlama, erken uyarı, meteoroloji, uzay güvenliği gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Uydular kullanım amaçlarına göre de değişik yörüngelerde faaliyet göstermektedirler. Daha çok uzaktan algılama ve IoT uyduları için LEO (Alçak dünya yörüngesi, 180-2000km), uydu tabanlı konum belirleme uyduları için MEO (Orta dünya yörüngesi, 2000-35780 km) ve haberleşme uyduları için GEO (Yersabit yörünge, yaklaşık 35780 km) yörüngeler en çok tercih edilen yörüngelerdir. Uydular ilk etapta haberleşme amaçlı geliştirilmiştir. GEO yörünge denilen dünya ile eş zamanlı hareket eden yer sabit yörüngelere yerleştirilen uydular sayesinde dünyadaki bir noktaya haberleşme verilerinin iletilme imkanı sağlanmıştır.



Dünyada uydu teknolojilerinin hızla gelişimi karşısında ülkemizin de bu teknolojileri kullanması ve uzay alanına yatırım yapması oldukça stratejik bir hamle olarak belirlenmiştir. 1968 yılında çeşitli ülkelere ait uydu istasyonları kullanılarak başlanılan ülkemizin uydu serüveni, 1979 yılında ilk uydu yer istasyonumuzun kurulmasıyla hız kazanmıştır. Avrupa Meteoroloji Uyduları İşletme Teşkilatı (EUMETSAT) kurucu üyesi olarak Türkiye'nin yer almasıyla kendi uydularımızı geliştirme ve işletme fikri de, uydu projelerine hız verilmesine ve haberleşme uyduları için de bir yol haritası planlanmasına neden olmuştur.

1994 yılında ilk haberleşme uydumuz olan TÜRKSAT-1A taşıyıcı roketle meydana gelen arıza nedeniyle yörüngesine yerleştirilememiş ancak aynı özelliklere sahip olan TÜRKSAT-1B uydumuz başarıyla aynı yıl içerisinde yörüngesine yerleştirilerek hizmet vermeye başlamıştır. TÜRKSAT-1B ile Türkiye yer istasyonuna sahip, haberleşme uydusu işletebilen ül-

keler sınıfına girerek dünyada benzer uydu hizmeti veren ülkelerle aynı kabiliyete erişme yolunda önemli bir hamle yapmıştır. TÜRKSAT-1B uydumuzu 1996 yılında yörüngesine başarıyla gerçekleştirilmiş TÜRKSAT-1C uydusu izlemiştir. Bu iki uydu ile oldukça deneyim kazanan ülkemiz hız kesmeden diğer haberleşme uyduları için projelere başlamıştır. TÜRKSAT-2A, TÜRKSAT-3A, TÜRKSAT-4A, TÜRKSAT-4B, TÜRKSAT-5A, TÜRKSAT-5B ve ülkemizde kendi imkanlarımızla geliştirilen TÜRKSAT-6A ile Türkiye 31, 42 ve 50 derece de farklı uydu yörüngelerinde uydu işleterek dünyanın tamamını kapsaya-

cak bir kapasiteye ulaşmıştır. GEO yörüngede yer alan birden fazla uydularımızın aynı anda TÜRKSAT yer kontrol istasyonunda kendi mühendislerimiz tarafından işletilebiliyor olması ülkemize ciddi bir prestij kazandırmıştır. Ayrıca Türkiye, 2024 yılında yörüngesine başarıyla fırlatılan TÜRKSAT-6A uydusu ile kendi haberleşme uydusunu yapabilen ülkeler sınıfına girerek, dünyada ki diğer uydu üreticileri ile rekabet edebilen altyapı ve insan kaynağına sahip ülkeler arasında yerini almıştır.

TÜRKSAT 6A



Kaynak: <https://tua.gov.tr/tr/proje/turksat-6a-2>

Ülkemizde, uzaktan algılama amaçlı kullanılan uydu teknolojileri konusunda da dünya ile benzer çalışmalara başlanılarak bu alanda da çeşitli uydu projeleri gerçekleştirilmiştir. Uzaktan algılama uyduları, üzerlerinde görev yükü olarak bulunan elektro-optik kameralar, sentetik açıklıklı radar (SAR) ve diğer görev yükleri ile özellikle tarım alanları, gemi ve diğer araçların takibi, meteorolojik amaçlar, afet ve acil durum haberleşmesi, kamu güvenliği ile coğrafi alanların takibi gibi çeşitli amaçlar için kullanım imkanları sunmaktadır. Bu maksatlarla ilk olarak Bilsat uydusu 2003 yılında yörüngesine yerleştirilmiştir. Bilsat uydusunu İTÜpSAT-1 uydusu daha sonra milli imkanlarla geliştirilen RASAT uydusu, GÖKTÜRK-2 uydusu, GÖKTÜRK-1 uydusu ve çeşitli ölçeklerde küp uydu projeleri izlemiştir. 2023 yılında İMECE uydumuz ile Türkiye bu alanda büyük bir başarıya imza atarak uzaktan algılama uydu kategorisinde bu ölçekte bir uyduyu yerli ve milli imkanlarla yapabilen ülkeler sınıfına girmiştir. Yine haberleşme uydularında olduğu gibi LEO yörüngede uydu işleten ve uydu verilerini kıymetlendiren bir kabiliyet elde edilmiştir. Böylece ihtiyaç duyulan uydu verileri kendi uydularımız üzerinden elde edilebilir hale gelmiştir.

GÖKTÜRK 2



Kaynak: <https://www.tusas.com/urunler/uzay/yer-gozlem-ve-kesif-uydulari/gokturk-2>

RASAT



Kaynak: <https://uzay.tubitak.gov.tr/rasat/>



Kaynak : <https://uzay.tubitak.gov.tr/imece/>

Özel sektörde gerçekleştirilen uydu projeleri ile de uydular üzerinde IoT (nesnelerin interneti) hizmeti verilmesine yönelik çalışmalara başlanılmış ve bu amaçlı küp uydu projeleri hızla gerçekleştirilerek yörüngelerinde hizmet vermeye başlamıştır.

Uydu teknolojileri özellikle konum belirleme (navigasyon) alanında beklenilenden daha hızlı bir şekilde gelişme kaydederek dünyada gerek global ve gerekse bölgesel ölçekte uydu konum belirleme sistemleri geliştirilmiştir. Ülkemizde de bu alanda halihazırda çalışmalar devam ettirilmektedir. Türkiye'nin kendi bölgesel konum belirleme sistemini kurması amacıyla çeşitli uydu projeleri geliştirilmekte ve bu alanda da teknolojik yetkinlikler kazanılmaktadır.

Gelinen noktada, uydu projelerimiz Türkiye'de çeşitli kurumlarımız ve firmalarımız bünyesinde yer alan uydu üretme ve test merkezlerinde gerçekleştirilmektedir. Gerek uydu sistemlerimiz ve gerekse uydu alt sistemlerimiz ile kritik ekip-

manlar milli imkanlarla geliştirilerek, çeşitli ülkelere de uydu üretebilecek bir kapasiteye ulaşılmıştır. Ayrıca bu projelerde yer alacak yetkin insan kaynağımızda önemli ölçüde yetiştirilmiştir. Uyduların üretilmesi ve işletilmesi başlı başına bir kabiliyet olmakla birlikte, bu uydularda kullanılan frekansların koordinasyonu, uyduların tescilleri, fırlatılma prosedürleri gibi konularda da kurum ve kuruluşlarımız gerekli faaliyetleri başarıyla gerçekleştirmektedir.

Türkiye'nin uydu yol haritasında önümüzdeki yıllarda, ömürleri biten uyduların yerine yenileme uydularının yapılması ve yenilikçi teknolojilerin kullanılacağı uydular ile bilimsel amaçlı kullanılacak uydu projeleri yer almaktadır.

ÜYE AİDAT DEĞİŞİKLİĞİ HAKKINDA ÖNEMLİ DUYURU!

Elektrik Mühendisleri Odası 49. Olağan Genel Kurulu'nda, 2026 yılı için üye aidat bedeli aylık 150 TL olarak belirlenmiştir. Halen aylık 100 TL olarak uygulanan aidat borçlarının yılsonuna kadar ödenmemesi halinde ise 2026 yılı itibarıyla geçmiş yıllara dönük aidat bedelleri de 150 TL üzerinden hesaplanacaktır. Artıştan etkilenmemek için aidat borcunuzu 2026 yılına girmeden ödeyebilirsiniz.

Aidat borcunuzu ödemek için aşağıdaki adımları izleyebilirsiniz.

1- EMO PORTAL/Üye Sistemi: EMO PORTAL Üye girişi için; <https://portal.emo.org.tr/> adresinden kullanıcı adı ve şifrenizle giriş yaptıktan sonra, Güvenli Aidat Ödeme butonuna tıklayarak ödemek istediğiniz aidat/ay miktarı ve taksit seçeneğinden seçiminizi yaparak online ödeme sayfasından ödemenizi gerçekleştirebilirsiniz.

2- Havale/EFT/FAST: Açıklama kısmına AD SOYAD ve SİCİL NUMARASI bilgilerinizi ekleyerek aşağıdaki hesap numarasına yatırabilirsiniz.

MÜŞTERİ ADI : EMO ANK ŞUBESİ BAŞKANLIĞI

HESAP NO : 4218-6896537 (Türkiye İş Bankası Ankara Yenışehir Şubesi)

IBAN NO : TR24 0006 4000 0014 2186 8965 37

3- Şubemize veya Temsilciliklerimize başvurarak, nakit ya da kredi kartı ile ödeme yapabilirsiniz.

4- Şubemiz ile (312) 231 44 74 nolu telefondan iletişime geçerek kredi kartı bilgileriniz ile ödemenizi yapabilir veya cep telefonunuza SMS ile ödeme linki gönderilmesini talep edebilirsiniz.

NOT:

Emekli olan Oda üyelerinden emeklilik tarihinden sonra çalışmıyor olmalarını belgelemeleri halinde,

Askerlik görevi yapan üyelerden askerlik dönemi süresince,

Çalışmak ya da öğrenim görmek amacıyla yurtdışında bulunanlardan yurtdışında bulundukları sürece,

İşsiz üyelerimizden işsizlik dönemlerini belgelemeleri durumunda işsizlik dönemleri süresince aidat alınmamaktadır.

Bu durumda olan üyelerimiz ilgili belgeleri ankara@emo.org.tr adresine yollayarak aidatlarından gerekli düşümlerin gerçekleşmesini sağlayabilirler.

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE GÜVENLİK: SİSTEMİ HIZLI KAPATMA VE MODÜL SEVİYESİNDE GÜÇ ELEKTRONİĞİ ÇÖZÜMLERİNİN TEKNİK İNCELEMESİ

Asuman ERKUL - NTSS Eğitim ve Danışmanlık
Elektrik-Elektronik Yüksek Mühendisi, CFPA-E Türkiye A1 Üyesi
asuman.erkul@ntss.com.tr

1. GİRİŞ

Binaya entegre fotovoltaik (Building Integrated Photovoltaics-BIPV) sistemler, dağıtık enerji üretiminin belkemiğini oluşturuyor. Genellikle çatı tipi olan bu sistemler, yüksek gerilimli DC devreler ve sürekli enerji üretimi nedeniyle yangın güvenliği ve elektriksel emniyet açısından benzersiz riskler barındırıyor.

Güneş paneli yangınlarının çoğu, güneş enerjisi devrelerinde meydana gelen DC ark arızasından kaynaklanır. Güneş paneli kaynaklı yangınların azaltılması için en etkin yöntemlerden biri, PV tesisatında DC ark oluşumunun önlenmesi ve oluşması hâlinde gerilimin hızlı şekilde kesilmesidir.

CFPA-E Guideline No. 37:2025 F PV sistemlerde kayıp önleme için kapsamlı bir çerçeve sunar, özellikle DC ark riskini azaltma, dışarıdan erişilebilir DC kesiciler ve yangına müdahaleyi kolaylaştıracak tasarım ilkelerini öne çıkarıyor

Bu makalede ‘Sistemi Hızlı Kapatma’ (Rapid Shutdown-RSD) ve ‘Modül Seviyesinde Güç Elektroniği’ (Module Level Power Electronics -MLPE) çözümlerinin bu prensiplerle nasıl entegre edildiğini, hangi standartlara göre uygulandığını ve mühendislik tasarımındaki kritik parametrelerini inceliyoruz.

2. PV SİSTEMLERDE ELEKTRİKSEL RİSKLER VE ARIZA MODLARI

Fotovoltaik (PV) sistemler, hem yüksek doğru akım (DC) gerilimleri hem de dağınık ve erişimi zor montaj noktaları nedeniyle kendine özgü elektriksel riskler taşır. Güvenli tasarım ve işletme için bu risklerin tanımlanması ve arıza modlarının analiz edilmesi kritik öneme sahiptir.

2.1. Yüksek Gerilimli DC Devrelerin Riskleri

PV dizileri genellikle 600 VDC (konut) – 1500 VDC (endüstriyel) arası çalışma gerilimlerine sahiptir.

• **DC Ark Riski:** Alternatif akım (AC) devrelerinde ark oluştuğunda, akımın sıfır geçiş noktası doğal bir söndürme mekanizması sağlar. Oysa DC devrelerde böyle bir sıfır geçiş bulunmadığından, ark oluştuğunda plazma kolonunun sürekliliği kesilmez ve ark kendiliğinden sönmez. Bu durum, yüksek sıcaklıkta sürekli enerji yayılımına, izolasyon malzemelerinin termal bozunmasına ve yangın başlatma olasılığının artmasına yol açar. NFPA 70 ve IEC 63027 gibi standartlar, bu nedenle DC ark algılama ve kesme sistemlerinin önemini vurgulamaktadır.

• **Elektroşok Riski:** PV dizilerindeki DC gerilimi, insan vücudunun fizyolojik sınırlarının çok üzerinde olup, temas durumunda ölümcül ventriküler fibrilasyona neden olabilecek akımlar oluşturabilir. Özellikle 120 VDC üzerindeki gerilimlerde, tutma refleksi (let-go current) eşiği aşılır ve kişi devreden ayrılamaz hâle gelir. Bu nedenle EN 50110 ve IEC 61140 gibi standartlarda, DC devrelere dokunma gerilimi sınırları ve çalışma güvenliği prosedürleri tanımlanmıştır.

• **Enerjinin Sürekliliği:** Şebekeden ayrılma (grid disconnection) işlemi, PV modüllerinin enerji üretimini durdurmaz. Paneller, gün ışığına maruz kaldıkları sürece dizi gerilimi üretmeye devam eder. Bu durum, bakım ve acil durum müdahalesi sırasında devrelerin her zaman “enerjili” kabul edilmesini gerektirir. Bu nedenle rapid shutdown ve izole edilebilir DC ayırıcı çözümleri kritik öneme sahiptir.

2.2. Yaygın Elektriksel Arıza Modları

Yaygın elektriksel arıza modları aşağıda belirtilmiştir.

Kablo ve Bağlantı Arızaları

- **İzolasyon Hasarı:** UV ışıınımı, kemirgen faaliyetleri veya mekanik zorlanma nedeniyle kablo kılıflarının bütünlüğü bozulabilir. Bu durum kaçak akıma, toprak arızasına ve potansiyel elektriksel ark oluşumuna zemin hazırlar. EN 50618 standardı, PV kabloları için UV dayanımı, ozon direnci ve termal stabilite gerekliliklerini tanımlar.

- **Konnektör Uyum Sorunları:** Farklı üreticilerin MC4 konnektörlerinin uygunsuz şekilde eşleştirilmesi, temas direncini artırarak lokal ısınmaya ve DC ark başlatma riskine neden olur. IEC 62852 standardı bu konnektörler için tip testlerini ve uyumluluk gerekliliklerini belirler.

- **Yanlış Sıkma Torku:** Klemens bağlantılarının yeterli torkta sıkılmaması, artan geçiş direncine, termal runaway'e ve bağlantı noktasında yangın riskine yol açar. Bu nedenle üretici tork değerlerine uyulması ve periyodik tork kontrolü kritik önemdedir.

Modül Kaynaklı Arızalar

- **Bypass Diyot Arızası:** Diyotun kısa devre konumunda kalması, ilgili hücre grubunun devre dışı kalmasına; açık devre kalması ise hücre üzerinde aşırı ısınma (hot spot) oluşmasına neden olur. Hot spot'lar lokal delaminasyon ve cam kırılmasıyla sonuçlanabilir.

- **Delaminasyon ve Nem Girişi:** EVA (Etilen Vinil Asetat) tabakasının zamanla bozulması ve arka tabaka (backsheet) bütünlüğünün zayıflaması, modülün izolasyon direncini düşürerek kaçak akım riskini artırır. Bu durum IEC 61215 testlerinde tespit edilebilen kritik bir arıza modudur.

İnverter ve Elektronik Arızalar

- **GBT/MOSFET Kısa Devresi:** IGBT (insulated-gate bipolar transistor) ve MOSFET (Metal oksit yarı iletken alan etkili transistör)'ler güç elektroniği devrelerinde yüksek akım ve gerilimi anahtarlama elemanları genellikle kullanılırlar. Bu elemanların kısa devre olmaları durumunda kablolarda aşırı akım oluşur, sigortaların atmasına sebep olur.

- **Kontrol Devresi Hataları:** MPPT algoritması yanlış çalışarak aşırı akım çekebilir. Maksimum Güç Noktası Takibi (MPPT), değişen güneş ışıını, sıcaklık ve elektrik yükü gibi değişken koşullar altında PV güneş panellerinin maksimum güç noktasında veya buna yakın bir noktada çalışmasını sağlamak için solar inverterlerde uygulanan bir algoritmadır.

- **DC/DC Boost Katı Arızası:** DC gerilim yükselir ve inverter DC girişini aşırı zorlar. DC/DC invertere, bir DC gerilimi farklı bir DC gerilime dönüştüren DC-DC dönüştürücü denir. Boost dönüştürücü, çıkış voltajının giriş voltajından büyük olduğu DC-DC anahtarlama dönüştürücülerdir. Ayrıca step up converter (adım dönüştürücü) olarak da adlandırılırlar.

Dış Etkenler

- **Yıldırım ve Aşırı Gerilim:** EN 62305'e uygun paratoner ve topraklama entegrasyonu yapılmamış sistemlerde, yıldırım indüklenmiş aşırı gerilim darbeleri modül bağlantı kutularına ve inverter girişlerine ciddi hasar verebilir.

- **Kısa Devre veya Topraklama Hatası:** IEC 62446-1 standardına göre yapılmayan izolasyon testi, gizli toprak kaçaklarının tespit edilememesine ve yangın riskinin artmasına neden olur.

2.3. Risk Azaltma Önlemleri

Fotovoltaik sistemlerde elektriksel yangın riski ve can güvenliği tehlikelerini minimize etmek için tasarım, montaj ve işletme aşamalarında çok katmanlı bir güvenlik yaklaşımı benimsenmelidir. Aşağıda, güncel standartlara dayalı başlıca önleyici tedbirler özetlenmektedir:

1. Kısa ve Düzgün DC Güzergâhı:

DC kablolar mümkün olan en kısa hat boyunca, mekanik hasara ve yangın yayılımına karşı dayanıklı koruyucu kanallar içerisinde taşınmalıdır. EN 50618 standardı, PV kablolarında UV dayanımı, ısıya karşı direnç ve düşük duman yoğunluğu gibi kritik özellikleri tanımlar. Ayrıca, kablo güzergâhlarının birbirinden yeterli mesafede ve yangın kompartımanlarının bütünlüğünü bozmayacak şekilde planlanması önerilir.

2. Yalıtım Direnci İzleme:

Toprak kaçak akımlarının erken tespiti için sü-

rekli yalıtım direnci izleme sistemleri (IMD – Insulation Monitoring Device) kullanılmalıdır. Riso ölçümleri, IEC 62446-1 standardına göre düzenli aralıklarla yapılmalı ve izolasyon direnci kritik seviyenin altına düştüğünde sistem otomatik olarak devreden çıkarılmalıdır. Bu yaklaşım, izolasyon hatalarından kaynaklanan potansiyel ark ve yangın risklerini proaktif şekilde önler.

3. Rapid Shutdown (RSD) ve MLPE Uygulamaları:

Yangın, acil durum veya bakım çalışması gibi durumlarda PV dizi geriliminin hızlı şekilde güvenli seviyeye (NEC 690.12'ye göre ≤ 30 VDC) indirilmesi hayati önem taşır. Modül seviyesi güç elektroniği (MLPE) çözümleri – örneğin DC optimizörler veya mikroinverterler – dizi gerilimini sıfırlayarak hem acil müdahale ekiplerinin güvenliğini artırır hem de yangın yayılım riskini azaltır.

4. Termal Görüntüleme ile Periyodik Kontrol:

Konnektör, klemens ve kablo ek noktalarında anormal sıcaklık artışlarının tespiti için yılda en az bir kez termal kamera taraması yapılmalıdır. 65 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar, yüksek temas direnci veya gevşek bağlantı gibi yangın riski taşıyan problemlere işaret eder ve derhal düzeltilmelidir.

5. Koruma ve Ayırma Elemanlarının Uygun Seçimi:

String sigortaları, DC ayırıcılar, aşırı gerilim koruma cihazları (SPD) ve artık akım koruma rölelerinin (RCD) sistem konfigürasyonuna ve nominal akım değerlerine uygun seçilmesi kritik öneme sahiptir. IEC 60364-7-712 ve IEC 61643 serisi standartları, PV uygulamaları için SPD seçimi ve koordinasyon kriterlerini tanımlar. Bu koruma elemanlarının periyodik olarak test edilmesi ve değiştirilmesi, sistemin ömür boyu güvenilirliğini sağlar.

3. RAPID SHUTDOWN (RSD) SİSTEMLERİ

Rapid Shutdown (RSD), acil durumlarda – yangın, bakım çalışmaları veya kurtarma operasyonları – PV dizilerinde oluşan tehlikeli doğru akım (DC) gerilimini 30 saniye içerisinde güvenli seviyeye düşürmeyi sağlayan elektronik kontrol ve anahtarlama sistemidir. Bu sistem, özellikle itfaiye personeli ve bakım ekiplerinin yüksek gerilim altında maruz kalma riskini minimize etmek

için tasarlanmıştır. NEC 2017 Madde 690.12'ye göre güvenli gerilim seviyesi, modül çıkışında ≤ 30 VDC olacak şekilde tanımlanmıştır.

Aktivasyon Yöntemleri:

RSD sistemleri, farklı senaryolarda otomatik veya manuel olarak devreye girebilir. Başlıca aktivasyon yöntemleri:

- **Manuel Acil Durdurma Anahtarı:** Operatör veya acil durum personeli tarafından devreye alınır; tesis girişinde veya erişilebilir bir noktada konumlandırılır.
- **Şebeke Enerjisi Kaybı Algılama:** AC tarafında enerjinin kesilmesi durumunda otomatik tetikleme yaparak tüm DC dizilerini güvenli seviyeye indirir.
- **Uzaktan Müdahale / İtfaiye Kumandası:** Yangın müdahale ekiplerinin sahada fiziksel erişime gerek kalmadan dizi gerilimini düşürmesini sağlar.

RSD sistemi topoloji seçenekleri Tablo1.1'de görülmektedir.

Tablo 1.1. RSD Sistemi Topoloji Seçenekleri.

Topoloji	Çözüm	Avantajları	Dezavantajları
İnverter Tabanlı RSD	Merkezi inverter DC girişinde anahtarlama	Düşük maliyet, mevcut inverter altyapısına kolay entegrasyon, basit tasarım	Modül çıkışında gerilim sıfırlanmaz; uzun dizi hatlarında kalan gerilim riski devam eder
String Seviye RSD	Her string başına DC kontaktör veya elektronik kesici	Dizi bazında hızlı enerji boşaltma, modül çıkış gerilimi kısmen düşer	Çok sayıda string kullanılan büyük sistemlerde kablolama ve montaj karmaşık hale gelir
Modül Seviye RSD (MLPE)	Modül başına elektronik anahtarlama (optimizör, mikroinverter)	Maksimum güvenlik; her modül izole edilir, bakım ve yangın müdahalesinde sıfır risk	Yüksek ilk yatırım maliyeti, elektronik bileşen sayısının artması nedeniyle arıza olasılığı daha yüksek

İnverter tabanlı çözümler, küçük ölçekli veya düşük riskli uygulamalarda yeterli olabilirken; büyük ölçekli, çok katmanlı bina uygulamaları veya yangın güvenliği öncelikli projelerde modül seviyesi RSD (MLPE) tercih edilmektedir. Bu yaklaşım, özellikle çok katlı binalarda yangın söndürme sırasında çatıya müdahale eden personelin elektrik çarpması riskini ortadan kaldırır.

4. MODÜL SEVİYESİNDE GÜÇ ELEKTRONİĞİ

MLPE Modül seviyesinde güç elektroniği (Module Level Power Electronics) demektir.

MLPE ÇÖZÜM TİPLERİ

- **DC-DC Optimizörler:** Her bir PV modülünün çıkışını bağımsız olarak izler ve Maksimum Güç Noktası Takibi (MPPT) yapar. Modern optimizörler, entegre hızlı kapatma (rapid shutdown) özelliği ile modül çıkışını birkaç volt seviyesine kadar düşürerek acil durumlarda gerilim riskini ortadan kaldırır.
- **Mikroinverterler:** Modül seviyesinde DC-AC dönüşümü gerçekleştirir. Bu yaklaşım, dizinin DC gerilimini tamamen ortadan kaldırdığı için yangın güvenliği açısından en yüksek koruma düzeyini sağlar. Ayrıca, merkezi inverter arızasından etkilenmeyen dağıtık bir sistem topolojisi sunar.

MLPE TEKNİK PARAMETRELER

- **MTBF (Mean Time Between Failures):** Modül başına elektronik bileşen eklenmesi, sistemde potansiyel arıza noktalarının artmasına neden olur. Bu nedenle cihazların UL 1741 ve IEC 62109 sertifikalı olması, yüksek MTBF değerine sahip güvenilir ürünlerin tercih edilmesi önerilir.
- **EMC Uyumluluğu:** MLPE cihazlarının elektromanyetik emisyonları, şebekeye bağlı diğer sistemleri etkilemeyecek şekilde IEC 61000-6-2/4 standartlarına göre test edilmelidir.
- **Enerji Verimliliği:** İlave seri kayıplar tipik olarak %0,5-1 seviyesinde güç kaybına yol açsa da, gölgelenme ve dizi uyumsuzluğu kaynaklı kayıpların azaltılması sayesinde yıllık enerji üretiminde net pozitif kazanç elde edilir.

TASARIM VE UYGULAMA ÖNERİLERİ

1. Planlama:

o Dizi konfigürasyonu, RSD ve MLPE cihaz sayısı, tek hat şeması ile modellenmeli.

o Yangın duvarlarından geçen DC kablolar EN 61386 uyumlu alev iletmeyen borular içinde olmalı.

2. Montaj:

o RSD kontrol hattı (genelde 2 telli yol) ayrı boru içinde çekilmeli, sinyal bütünlüğü test edilmeli.

o İnverterler, mümkünse dış mekâna veya ayrı yangın kompartımanına kurulmalı.

3. Test ve Devreye Alma:

o Yalıtım direnci ölçümü (IEC 62446-1) ve RSD fonksiyon testi yapılmalı.

o Termal kamera ile konnektör sıcaklıkları izlenmeli (<65 °C normal).

4. İşletme:

o Yıllık bakımda RSD sisteminin tetikleme testi yapılmalı.

o SCADA veya uzaktan izleme sistemine RSD olay kaydı entegrasyonu önerilir.

5. YANGIN MÜDAHALESİ PERSPEKTİFİ

CFPA-E rehberleri ve uluslararası en iyi uygulamalara göre, PV sistemlerinde yangın güvenliği tasarımı yalnızca elektriksel risklerin azaltılmasıyla sınırlı olmamalıdır.

• **Erişilebilirlik:** RSD butonları bina girişinde, kolay ulaşılabilir bir yükseklikte ve açık şekilde etiketlenmiş olmalıdır.

• **Yangın Planı Entegrasyonu:** PV dizi planları, RSD kablolama şeması ve kesici noktaları yangın planına işlenmeli ve yerel itfaiye ekipleriyle paylaşılmalıdır.

• **Çatı Düzeni:** Çatıda en az 2,5 m genişliğinde yangın geçiş koridoru bırakılmalı, bu sayede hem yangına müdahale hızlanır hem de personelin elektrik çarpması riski en aza iner.

6. SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFİ

Rapid Shutdown (RSD) ve Modül Seviyesi Güç Elektroniği (MLPE) çözümleri, yalnızca elektrik-

sel güvenliği sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda enerji optimizasyonu, gölgeleme etkilerinin azaltılması ve sistem performansının gerçek zamanlı izlenmesi gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Bu çözümler, saha işletmecilerine gelişmiş veri toplama (monitoring) imkânı sağlayarak arıza tespiti ve önleyici bakım süreçlerini hızlandırır, böylece işletme sürekliliğini artırır.

Uluslararası standartlar – IEC 62930 (PV kabloları için tasarım ve test), EN 50618 (DC kablo güvenlik gerekleri) ve NEC 690.12 (Rapid Shutdown gereklilikleri) – PV tesislerinin hem elektriksel emniyetini hem de acil durum müdahale kolaylığını düzenlemektedir. Türkiye’de bu standartların giderek daha fazla referans alınması, özellikle çok katlı binalarda ve şehir içi uygulamalarda RSD ve MLPE kullanımının yakın gelecekte zorunlu hale geleceğini göstermektedir.

Elektrik ve elektronik mühendisleri açısından, bu sistemlerin doğru tasarlanması, uygun kablolama teknikleriyle uygulanması (ör. EN 50618 uyumlu kablo ve alev iletmeyen boru kullanımı) ve periyodik fonksiyon testleriyle desteklenmesi, sürdürülebilir ve yangın güvenliği yüksek bir güneş enerjisi altyapısının temelini oluşturur. Bu bütüncül yaklaşım, yalnızca regülasyon uyumluluğunu sağlamakla kalmaz; aynı zamanda yangın riskini minimize ederek PV sistemlerinin uzun vadeli güvenilirliğini garanti altına alır.

Kaynaklar; <https://cfpa-e.eu/category-guidelines/fire-prevention-and-protection/>

- 1) <https://www.wbdg.org/resources/building-integrated-photovoltaics-bipv>
- 2) <https://www.solarreviews.com/blog/solar-rapid-shutdown>
- 3) <https://sinovoltaics.com/learning-center/materials/ethylene-vinyl-acetate-eva-film-composition-and-application/>
- 4) <https://tr.wikipedia.org/wiki/IGBT>
- 5) <https://www.mathworks.com/discovery/mppt-algorithm.html>
- 6) <https://turkmuhendis.net/donanim/boost-converter/>
- 7) <https://eureka.patsnap.com/article/ul-1741-vs-iec-62109-global-inverter-safety-standards-compared>
- 8) <https://cfpa-e.eu/>
- 9) [ECOFOOT2_UL3741-INSTALLATION-GUIDE_20230711.pdf](https://www.ecofoot2.com/ul3741-installation-guide-20230711.pdf)

29 EKİM CUMHURİYET BAYRAMI’NA ÖZEL KARMA RESİM SERGİSİ DÜZENLENDİ

Ankara Rüzgârı Kültür Sanat ve Yaşamı Destekleme Derneği ve EMO Ankara Şubesi işbirliği ile “CUMHURİYET YOLUNDA” başlıklı 29 Ekim Özel Karma Resim Sergisi, EMO Ankara Şubesi web sayfasında üyelerimiz ve ilgilileri ile buluştu, Küratörlüğünü Elektrik Mühendisi üyemiz Hatice Erdi’nin üstlendiği sergi web sayfamızdan sanal olarak gezilebilir.



Sanal Sergiyi Gezmek İçin TIKLAYINIZ.

Geleceğin Nükleer Enerji Dünyasının Yeni Aktörleri :

SMR ve Mikro Reaktörler

Doç. Dr. Mehmet BULUT - EMO Ankara Şubesi Enerji Komisyonu Üyesi
Elektrik-Elektronik Yüksek Mühendisi
mehmetbulut06@gmail.com

1. Giriş

1950'li yıllardan itibaren büyük güçteki nükleer santraller (NGS'ler), ulusal şebekelere düzenli ve kararlı yüksek miktarda elektrik sağlayarak birçok ülkenin gelişmesinde büyük rol almış ve halen birçok gelişmiş ülkenin elektrik enerjisini sağlamada işletilmeye devam edilmektedirler. Bugün bile, büyük kapasiteli nükleer santraller teknolojik ilerlemenin ve ulusal gücün sembolleri olarak görülmektedir. Genellikle 1.000 megavatın üzerinde yüksek miktarda elektrik üretiliyorlar ve ülkelerin büyük oranlarda elektrik ihtiyacını sağlayabilmektedirler. Ancak, son 10'lu yıllarda yaşanan bazı projelerin süresindeki uzamalar, artan finansman ihtiyacı ülkeleri başka arayışlara yönlendirdiği görülmektedir. Büyük kapasiteli nükleer santraller (NGS'ler), projelerinin karmaşıklığı, yüksek maliyetleri ve sıklıkla geciken proje süreleri gibi önemli zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu karşılaşılan zorluklar, birçok ülkenin Küçük Modüler Reaktörlere (SMR'ler) yönelmesinin başlıca nedenlerin başında gelmektedir.

Büyük bir nükleer santral inşa etmek onlarca milyar dolara mal olmakta ve santral yatırımcıları santralin elektrik üretmesi ve yatırım geri dönüşümünün başlaması için neredeyse on yıla yakın bir süreyi beklemek zorunda kalmaktadır. Bunun yanında birçok projenin bütçeyi aştığı görülmüş ve bu da hükümetleri ve yatırımcı şirketleri ağır mali yüklerle karşı karşıya bırakabilmektedir. Büyük güçteki reaktörlerin tamamlanması 8-10 yıla kadar çıkabilmekte ve projelerde yaygın olarak gecikmeler yaşanabilmektedir. Bir nükleer santral tamamlandığında, enerji talep durumu değişmiş olabilmekte veya yenilenebilir enerji kaynakları gibi daha ucuz alternatifler öne çıkmış olabilmektedir.

Büyük güçteki reaktörler karmaşık mühendislik gerekmekte ve binlerce özel parçanın son derece hassas bir şekilde üretilmesi, taşınması ve monte edilmesi gerekmektedir. Tedarik zincirindeki herhangi bir aksaklık, ilerlemeyi durdurabilmekte ve maliyetleri daha da artırabilmektedir. Ayrıca, yüksek kapasitedeki nükleer santraller geniş arazilere, soğutma için büyük miktarda suya erişime ve güçlü şebeke bağlantılarına ihtiyaç duymaktadır. Bu durum, inşa edilebilecekleri alanları sınırlamaktadır. Büyük nükleer santraller, genellikle on milyarlarca sterline ulaşan şaşırtıcı sermaye yatırımları gerektirmektedir. Hinkley Point C nükleer santrali (HPC), İngiltere'nin Somerset kentinde inşa halinde olan iki üniteli, 3.200 MWe kapasiteli bir nükleer santral projesidir. Hinkley, 2010 yılında İngiliz hükümeti tarafından açıklanan sekiz olası sahadan biri olup ve Kasım 2012'de bir nükleer saha lisansı verilmiştir. İnşaatı Mart 2017'de başladığında 2025'te tamamlanması beklenen İngiltere'deki Hinkley Point C nükleer santrali başlangıçta 18 milyar sterlin olarak bütçelendirilen projeler, üniversitelerin tamamlanma tarihi en az 2029 ve 2031'e ertelenerek 30 milyar sterlinin üzerine çıkmıştır.

Büyük nükleer santrallerin yüksek miktarda güç sağlamaları yanında, yüksek maliyetler, uzun zaman çizelgeleri, karmaşık mühendislik, sıkı yer seçimi gereksinimleri, çeşitli güvenlik endişeleri sebebiyle birçok ülkenin daha güvenli ve geleceğe daha uyumlu olduğunu düşündükleri nükleer enerji üretiminde Küçük Modüler Reaktörler gibi daha küçük kapasitede ve daha esnek çözümlere yöneldiğini göstermektedir. Dünya karbonsuzlaşma yolunda hızla ilerlerken, Küçük Modüler Reaktörler (KMR'ler), ülkeler nezdinde geleneksel nükleer projelerin karşılaştığı birçok zorluğa karşı çözüm sunarak daha pratik, esnek ve daha güvenli bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü SMR (Küçük Modüler Reak-

tör)'ler modülerdir, ilgili fabrikalarda parçaları üretilir ve sahaya taşınarak yerinde monte edilmesi üzerine planlanmaktadır, bunun hem proje maliyetini hem de inşaat süresini azaltmasına yol açması beklenmektedir.

2. SMR (Küçük Modüler Reaktör)'lerin Beklenen Avantajları ve Zorluklar

Günümüzde halen dünyada işletmede olan 32 ülkede 400'den fazla 1.000 MW üzerinde güç üreten büyük nükleer enerji reaktörleri bulunmaktadır. Bu nükleer reaktörler, dünya elektriğinin yaklaşık %10'unu sağlamakta ve bunlar ulusal şebekeler için tasarlanmıştır. Bunun yanında 300 MW'a kadar çıkış gücüne sahip Küçük Modüler Reaktörler (SMR) ve 50 MW'ın altındaki mikro reaktörler, kademeli olarak devreye alınabilmekte, özel ihtiyaçlara göre uyarlanabilir özellikte ve arz-talep dengesini sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre edilebilmektedir. Modüler olarak adlandırılan reaktörler, tesisin büyük ölçüde fabrika ortamında üretilmesine dayanmakta ve sahadaki inşaat maliyetini ve programını azaltmak için önceden oluşturulmuş montajlardan oluşmaktadır.

Büyük santraller, geniş arazi, bol su ve güçlü şebeke bağlantıları gerektirmektedir; bu da inşa edilebilecekleri yerleri sınırlamaktadır. Örneğin, Finlandiya'da bulunan Olkiluoto 3 (OL3) santrali, 1600 MW net elektrik üretimiyle dünyanın en güçlü üçüncü nükleer enerji üretim ünitesi konumundadır. Üçüncü ünite olan OL3, Nisan 2023'te resmen faaliyete geçmiş olup, 60 yıllık bir hizmet ömrüne sahiptir. OL3'ün inşaat faaliyetleri, Finlandiya Hükümeti'nin santral için inşaat ruhsatı vermesi ve tüm saha çalışmalarının tamamlanmasının ardından 2005 yılında başlamıştır. Ünitinin 2009 yılında elektrik üretimine başlaması planlanmış, ancak projede çok sayıda gecikme yaşanmış olup OL3'ün reaktöre yakıt yüklemesi ancak Nisan 2021'de tamamlanmış ve Mart 2022'de ünite ulusal şebekeye bağlanmıştır.

Dünyada geline nokta, Nükleer enerji, karbonsuzlaşmanın sağlanması için olmazsa olmaz kabul edilme eğilimi olduğu görülmektedir. COP28'de 20'den fazla ülke, yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji talebini tek başına karşılamaya yetmeyebileceği gerekçesiyle 2050 yılına kadar nükleer kapasitelerini üç katına çıkarma sözü vermiştir. Düşük Karbonlu ve Güvenilir Enerji Küçük ölçekli reaktörler (SMR) ve

mikro reaktörler, neredeyse sıfır sera gazı emisyonu ile elektrik üretmektedir. Ayrıca, ekonomik ve yenilenebilir olmasının yanında kesikli güç üreten güneş veya rüzgarın santrallerinin aksine, hava koşullarından bağımsız olarak sabit baz yük gücü sağlamaktadır. SMR'ler, genel olarak büyük reaktörlerin 1.000 MWe'den fazla çıkış gücüne kıyasla 300 MWe'ye kadar çıkış gücüyle tasarlanmaktadır.

Kompakt yapılarıyla Küçük Reaktörler, endüstriyel bölgelere daha yakın veya hatta uzak bölgelere kurulabilmektedir. Büyük güçteki nükleer santraller, güvenlik açısından karmaşık aktif sistemlere dayanırken, Küçük Reaktörler yerçekimi ve konveksiyon gibi pasif güvenlik özellikleri kullanmakta ve bu onları doğası gereği daha dayanıklı ve daha güvenli hale getirmektedir. Dünya genelinde ülkeler modüler nükleer teknolojiler geliştirmek için yarışmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde Enerji Bakanlığı, askeri üsler ve ücra topluluklar için mikro reaktörler de dahil olmak üzere tanıtım projelerini finanse ederken, NuScale Power gibi şirketler ticari projeler geliştirmektedir. Çin, dünyanın ilk kara tabanlı ticari SMR'si olan Linglong One'ı inşa ediyor ve reaktörleri endüstriyel entegre etmeyi planlamaktadır. Rusya, Arktik bölgelerine enerji sağlayan yüzen bir SMR olan Akademik Lomonosov halihazırda işletmekte olup ayrıca en yeni nükleer enerjili buz kırıcı filosuna güç sağlamak için kullanılan RITM-200 serisinden uyarlanmış, su soğutmalı 55 MW kapasiteli bir RITM-200N reaktörü projesine devam etmekte ve Yakutistan'daki Ust-Kuyga yakınlarında inşa edilecek olan reaktörün 2028'de hizmete girmesi hedeflemektedir. Bu arada, Birleşik Krallık, 2030 yılına kadar hedefleyen Rolls-Royce'un SMR programını desteklemekte ve Japonya, Fukushima sonrası nükleer canlanmanın bir parçası olarak gelişmiş SMR prototiplerini araştırmaktadır.

Mikro reaktörlerin ise (genellikle <50 MWe), büyük santrallerin pratik olmadığı ücra noktalara, askeri üslere veya endüstriyel alanlara güç sağlayabileceği üzerine durulmaktadır. Mikro reaktörler, afet yardımı, askeri operasyonlar veya ücra topluluklar için taşınabilir ve dayanıklı güç sağlayabilecektir. Bunlar, kırsal ücra bölgelerdeki dizel jeneratörlerin yerini alabilir, emisyonları ve yakıt lojistiğini azaltabileceklerdir.

Mikroreaktörler (MR), gelişmiş mühendislik güvenlik özelliklerine sahiptir ve fabrikada seri

- Amerika Birleşik Devletleri: Idaho Ulusal Laboratuvarı'nda Enerji Bakanlığı destekli mikroreaktör gösterileri.
- Kanada: Darlington'da BWRX-300 SMR'nin inşası devam ediyor ve 2020'lerin sonlarında faaliyete geçmesi hedefleniyor.
- Rusya: Akademik Lomonosov'un ötesinde Arktik bölgelerde yüzen SMR'lerin genişletilmesi.

2028-2030 arası

- ABD NuScale VOYGR SMR: İlk ticari dağıtım Idaho Falls'ta planlanıyor.
- Kanada: Darlington SMR'nin 2029 yılına kadar devreye alınması planlanıyor.
- Birleşik Krallık: Rolls-Royce SMR programının ilk başlangıcı 2030 civarında hedefleniyor.
- Japonya: Gelişmiş SMR prototiplerinin tanıtım aşamasına ulaşması bekleniyor.

2031-2035 arası

- Küresel Genişleme: Birçok ülkede (ABD, Kanada, Birleşik Krallık, Çin, Rusya, Güney Kore) SMR filo sahalarının kurulmasını hedeflenmektedir.
- Mikroreaktörler: Askeri üsler, madencilik operasyonları ve uzak topluluklar için taşınabilir ünitelerin ölçeklenmesi bekleniyor.
- Hibrit Enerji Sistemleri: Yenilenebilir enerji ve hidrojen üretim tesisleriyle entegre SMR'ler.

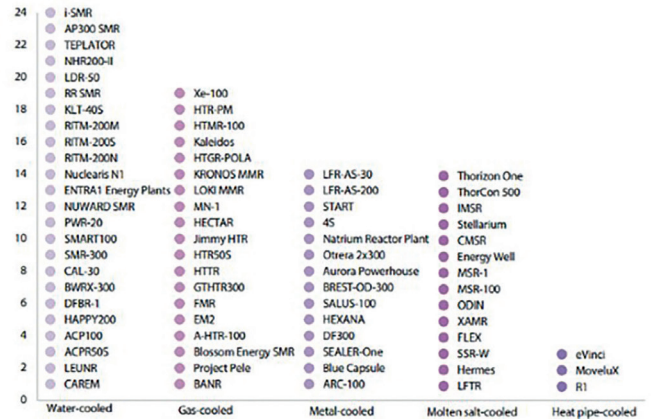
Kısacası, dünyada 2020'lerin bitimine doğru elektrik üreten SMR'lerin ve mikro reaktörlerin ilk dalgasının görülmesi ve 2030'ların başlarında bunların yaygın olarak konuşlandırılması ve küresel enerji sistemlerine entegrasyonu gerçekleşmesi beklenmektedir.

4. Dünyada Geliştirilen SMR ve Mikroreaktör Teknolojileri

Uluslararası Atom Enerji Ajansı, Üye Devletlerin, SMR'lere dayalı bir nükleer enerji programı için nükleer altyapı gelişiminin, geleneksel büyük nükleer enerji santrallerine dayalı bir programla karşılaştırıldığında nasıl hızlandırılabilirliğini veya derecelendirilebileceğini ve optimize edilebileceğini anlamalarına yardımcı olmak için IAEA Nükleer Uyumlaştırma ve Standardizasyon

Girişimi başlatmıştır. Yayınlanan kılavuz ile SMR teknolojilerine dayalı nükleer enerji programları için gerekli olan ve yakın gelecekte ticari olarak kullanıma sunulması muhtemel nükleer altyapının geliştirilmesi ele alınmaktadır. Dünyada geliştirilen SMR teknolojileri genel olarak beş sınıf altında tanımlanmaktadır.

Basınçlı su reaktörleri, kaynar su reaktörleri ve bazı durumlarda ağır su reaktörleri gibi büyük reaktörler için geliştirilen teknolojiye dayanırlar. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın web sitesinde yayınladığı Gelişmiş Reaktörler Bilgi Sistemi (ARIS) bilgilerine göre, Kara tabanlı su soğutmalı SMR'ler 15 farklı tasarımla yeni tasarımların en büyük grubunu oluşturmaktadır. Çoğu tasarımda, maliyeti kontrol altına almak için basitleştirmeye ve modüler yapıya odaklanılmıştır. Bazı tasarımlar, entegre basınç kapları gibi yenilikler içermektedir. Bu kategorideki bazı reaktör tasarımlarının 2027 yılı ile 2020 yılı arasında ticari olarak satışa sunulması beklenmektedir.



Şekil 2: Dünyada geliştiren SMR konseptleri (OECD NEA SMR Dashboard)

Su Soğutmalı Reaktörler, 20. yüzyılda nükleer endüstrinin temel taşı olmuş, halen faaliyette olan 442 reaktörün %96'sı su soğutmalı teknolojiye dayanmaktadır. Bu santrallerin çoğu başlangıçta 40 yıllığına lisanslanmış olup, ancak teknolojik bilgi düzeyindeki ilerlemeler sayesinde bu santrallerin ömürleri, ömür uzatma işlemleri sonucunda 60 yıla çıkarılmaktadır.

Hafif su reaktörleri (LWR'ler), dünya çapında en yaygın su soğutmalı reaktörlerdir ve iki türe ayrılır: Türbin için buharı ayrı buhar jeneratörlerinde üreten Basınçlı Su Reaktörleri (PWR'ler) ve reaktör çekirdeğinde üretilen buharı doğrudan buhar türbininde kullanan Kaynar Su Reaktör-

leri (BWR'ler). Tüm LWR'ler, fisil izotop U-235 ile zenginleştirilmiş yakıt kullanmaktadır.

Ağır Su Reaktörleri (HWR'ler), molekülleri %99'dan fazla oranda daha ağır bir hidrojen izotopu olan döteryumdan oluşan hidrojen atomlarından oluşan "zenginleştirilmiş" su kullanmaktadır. Yavaşlatıcı olarak kullanılan bu ağır su, genel nötron ekonomisini iyileştirerek zenginleştirme gerektirmeyen yakıt kullanımına olanak tanımaktadır.

ARIS Veritabanında on dört HTGR **Yüksek sıcaklıklı gaz soğutmalı reaktörler (HTGR'ler)** tasarımı tanımlanmıştır ve bunlardan bir tanesi halihazırda 2022'den beri Çin'de faaliyette bulunmaktadır. Ayrıca, ikisi test amaçlı faaliyette olan üç test reaktörü tasarımı bulunmaktadır. Bu tasarımlar, yüksek sıcaklıklarda bile fisyon ürünlerini muhafaza etmelerini sağlayan bir çeşit izotropik yakıt kullanmaktadır.

ARIS veritabanı, soğutucu olarak **sodyum**, kurşun veya **kurşun bismüt** kullanan 10 hızlı reaktör tasarımı tanımlamaktadır. Hızlı reaktör geliştirilmede ilerleme kaydedildikçe, bu teknolojiye dayanan Küçük Reaktör Reaktörleri (SMR) güvenilir bir seçenek haline gelebilecektir. Ancak şu anda değerlendirilen bazı modeller daha çok tanııtım amaçlı olup, büyük hızlı reaktörlerin inşası daha sonra gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

Erimiş tuz reaktörleri, ARIS veri tabanında 12 tasarım temsil edilmektedir ve bunlardan biri sahada konuşlandırılmak üzere olduğu değerlendirilmektedir. Erimiş tuz reaktörleri, Gen IV reaktörlerinin altı kategorisinden biridir. İlk olarak 1950'lerde geliştirilen erimiş tuz reaktörleri, daha yüksek verimlilik ve daha düşük atık üretimi gibi avantajlara sahiptir. Bazı tasarımlar katı yakıt gerektirmemekte olup, bu da üretim ve imha ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Son yıllarda bu teknolojiye olan ilginin artması, geliştirme faaliyetlerinin yenilenmesine yol açmıştır. Erimiş tuz reaktörleri (MSR'ler), çeşitli faydaları nedeniyle bazı ülkelerde gelecek vaat eden gelişmiş bir reaktör teknolojisi olarak görülmektedir. Daha yüksek sıcaklıklarda çalışırlar, bu da elektrik üretiminde verimliliğin artmasına yol açmaktadır. Ayrıca düşük çalışma basınçları, bir kaza sonucu büyük bir kırılma ve soğutma sıvısı kaybı riskini azaltabilir ve böylece reaktörün güvenliğini artırmaktadır. Bu reaktörler, yakıt kaynaklarının genişletilmesine olanak tanıyan çeşitli nükleer

yakıt çevrimlerine (Uranyum-Plütonyum ve Tor-yum-Uranyum çevrimleri gibi) uyum sağlayabilmektedir.

Ayrıca nükleer atık "yakıcıları" veya yetiştiricileri olarak da tasarlanabilirler. MSR'ler tarafından üretilen yüksek sıcaklıktaki ısı daha sonra elektrik üretimi ve diğer yüksek sıcaklıktaki proses ısısı uygulamaları için kullanılabilir. MSR teknolojisinin gelişimi birçok ülkede artmaktadır. Kökenleri 1960'larda Oak Ridge Ulusal Laboratuvarları tarafından başlatılan Erimiş Tuz Reaktörü Deneyine kadar uzanan çeşitli reaktör konseptleri üzerinde çalışılmaktadır. Mevcut araştırma ve geliştirme çabaları, malzemelerle ilgili sorunların çözülmesine, güvenlik özelliklerinin değerlendirilmesine, temel tasarım yöntemlerinin geliştirilmesine ve ekonomik modellerin değerlendirilmesine odaklanmaktadır.

Mikroreaktörler, hafif su, helyum, erimiş tuzlar ve sıvı metaller gibi çeşitli soğutucu akışkanlarla birçok farklı tasarıma sahip olabilir. Çıkış güçleri genellikle 10 MW(e)'den azdır ve uzak bölgeler veya şu anda dizel jeneratörlerle çalışan madencilik endüstrileri gibi niş uygulamalar için tasarlanmıştır. Bu reaktörler daha küçük olsa da, bunların nasıl konuşlandırıldığı ve kullandıkları teknolojiler, nükleer altyapıda ele alınması gereken hususlar olarak ortaya çıkmaktadır.

Mikroreaktörler taşınabilir oldukları ve gelişmiş yakıt çevrimlerini benimseme olasılıkları yüksek olduğundan, potansiyel sayıları, güvenlik önlemlerinin uygulanmasını potansiyel olarak karmaşık hale getirebilmektedirler. Ancak, kapladıkları alanın küçüklüğü ve taşınabilir olmaları, yenilikçi dağıtım modellerine yol açabilir ve bu da ev sahibi ülkede nükleer altyapı uygulamasını kolaylaştırabilmektedir.

5. Teknoloji olgunluk seviyesi ve SMR Proje Geliştirilmesi

Avrupa Küçük Modüler Reaktörler Endüstri İttifakı (SMR'ler), 2030'ların başlarına kadar Avrupa'da SMR'lerin geliştirilmesi, gösterimi ve dağıtımını kolaylaştırmayı ve hızlandırmayı amaçlamaktadır. İlk Stratejik Eylem Planını kabul etmiş olup Plan, 2030'ların başlarına kadar Avrupa'da SMR'lerin geliştirilmesini, tanııtımını ve dağıtımını desteklemek için önümüzdeki beş yıldaki faaliyetlere dair ayrıntılı bir genel bakış sunmaktadır. Elektrik üretiminin ötesinde piyasa

talebini karşılamak, tedarik zincirini canlandırmak, Ar-Ge ve beceri geliştirmeyi teşvik etmek, finansal fırsatların kilidini açmak ve düzenlemeleri basitleştirmek gibi temel zorlukları ele almak için on özel eylem özetlenmektedir. Ayrıca, SMR gelişimi için olmazsa olmaz olan finansman, kamuoyu katılımı, yakıt ve atık yönetimi ve emniyet ve güvenliği de kapsamaktadır. İttifak, Avrupa'da Küçük Ölçekli Reaktörlerin (SMR) zamanında ve başarılı bir şekilde konuşlandırılmasını sağlamak için üyeler, AB kurumları ve uluslararası kuruluşlarla yakın bir şekilde çalışmaya kararlı olduğunu belirtmektedir.

Geliştirilen SMR projelerinde, olgunluk seviyesi yüksek teknoloji seçimi kritik bir süreç olarak ortaya çıkmaktadır. Teknoloji olgunluk seviyesi, belirli bir tasarımın ticarileştirmeye ve dağıtımına ne kadar yakın olduğunu ifade etmektedir. En olgun teknoloji, bir veya daha fazla örneğinin lisanslandığı, inşa edildiği ve devreye alındığı, bir tedarik zincirinin kurulduğu ve işletme deneyiminin mevcut olduğu teknolojidir. Bu olgunluk düzeyine sahip bir tasarım, aynı zamanda gelişmiş güncel tasarım olarak da bilinir ve diğer projeler için bir "referans tesis" sağlayabilir. Bir referans tesisten elde edilen bilgi ve uzmanlık, giriş yapan ülkeler de dahil olmak üzere diğer ülkelerde benzer tasarıma sahip diğer nükleer santrallerin konuşlandırılmasını önemli ölçüde destekleyebilir.

SMR nükleer projelerde yer belirleme çalışmaları, uygun alanların belirlenmesi, belirli yerlerin sıralanması ve seçilen yerlerin uygunluğunun gerekçelendirilmesi gibi çeşitli aşamalarını içermektedir. Bir nükleer santral için uygun bir sahanın seçimi ve değerlendirilmesi, net bir dizi özelliğin ve ilgili kriterlerin benimsenmesini ve uygulanmasını gerektirir. Bu genellikle, uygulanabilir mühendislik çözümlerinin bulunmadığı kabul edilemez bölgeleri/alanları/sahaları eleme için kullanılan dışlayıcı özellikleri ve uygun alanları belirlemek ve nihayetinde koruyucu mühendislik çözümlerinin mevcut olduğu potansiyel sahaları sıralamak için kullanılan tercihe dayalı özellikleri içermektedir.

Önemli Aşamalar yaklaşımı, projeye başlayan veya genişleyen ülkelerin, proje risklerini azaltmak ve uygulama için destek kazanmak amacıyla referans bir tesisin mevcut olduğu olgun tasarımları seçeceğini varsaymaktadır. Bugüne kadar, yalnızca birkaç SMR tasarımı yüksek

olgunluk seviyelerine ulaşmıştır. Nükleer Enerji Ajansı (NEA) SMR Panosu, nükleer enerjiye hazırlığın altı boyutunda ilerlemeyi değerlendirmek için kriterleri tanımlar: lisanslama, yerleştirme, finansman, tedarik zinciri, katılım ve yakıt. Bu kriterlere göre sıralandığında, su Soğutmalı ve yüksek sıcaklıklı gaz soğutmalı reaktörler, ticari olarak kullanıma hazır hale gelmeye en yakın SMR tasarımları arasındadır.

Holtec firmasının geliştirmekte olduğu SMR-160+ küçük modüler reaktörü, düşük oranda zenginleştirilmiş uranyum yakıtı kullanan bir Basınçlı Su Reaktörüdür (PWR). 2010 yılından beri geliştirilmekte olan tasarım, bir yeraltı reaktör çekirdeği ve nükleer buhar besleme sistemi bileşenlerini barındırmakta ve kapatıldıktan sonra süresiz olarak çalışabilen pasif bir soğutma sistemini içermektedir. Holtec SMR-160 reaktörünün pasif güvenlik özellikleri sayesinde, reaktörü çalıştırmak için pompalar gibi aktif bileşenlere ihtiyaç duyulmaz ve reaktörün kapatılması veya bozunma ısısının giderilmesi için tesis içi veya tesis dışı herhangi bir güç kaynağına gereksinim duyulmamaktadır. Bu tasarım, herhangi bir insan müdahalesi olmadan reaktörün koşulsuz güvenliğini sağlamak için yerçekimini kullanan pasif soğutma özelliklerini bünyesinde barındırmaktadır. Bu özellikler, reaktörün doğal afetler, insan kaynaklı tehditler veya düzenleyici kurum dokümanlarının gerektirdiği herhangi bir durumda operatör eylemine gerek kalmadan "kendi kendine güvenli" (walk-away safe) olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, SMR-160'ın neredeyse istenen her basınçta buhar sağlama yeteneği, endüstriyel uygulamalarda yüksek basınçlı buhar kullanımı gibi yeni geliştirme fırsatları sunmaktadır.

NuScale SMR, NuScale Güç Modülü olarak adlandırılan bir PWR enerji santralidir. Bu küçük enerji santrali, 250 MWth'den 77 MWe güç üretecek şekilde tasarlanmış ve 924 MWe'ye kadar özel talepleri karşılayacak şekilde ölçeklendirilebilen bir dizi modülden oluşmaktadır. VOYGR™ SMR santralleri, sahada dört, altı veya onikiye kadar güç modülüne sahip olacak şekilde tasarlanabilmektedir. Standart hafif su reaktör yakıtı kullanan bu reaktör, ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu'ndan (NRC) tasarım onayı alan tek küçük modüler reaktör özelliği taşımaktadır. Diğer SMR tasarımları gibi, NuScale Güç Modülü de elektrik sağlamak üzere geliştirilmiş olup aynı zamanda elektrik üretimi, bölgesel ısıtma, tuzdan arındırma, ticari ölçekli hidrojen üretimi

ve diğer proses ısı uygulamalarında da kullanım potansiyeline sahiptir. NuScale SMR projeleri şu anda 10'dan fazla ülkede değerlendirilmekte olup, ilk projenin 2029 yılına kadar Idaho'da faaliyete geçmesi beklenmektedir.

Westinghouse AP300™ küçük modüler reaktörü, şu anda lisanslı ve operasyonel bir nükleer reaktör tasarımı dayanan tek SMR projesi konumundadır. Piyasaya sürülen tasarım, operasyonel AP1000 PWR'den türetilmiş olup, bu onu türünün ilk örneği teknolojiler ve risklerle geliştirilen diğer tüm SMR'lerden ayırmaktadır. Bu reaktör, gelişmiş, III+ Nesil tek devreli, basınçlı hafif su reaktörüdür. Westinghouse, AP1000 ile aynı mühendislik, bileşen ve tedarik zincirini kullandığını, bunun da lisanslama süreçlerini kolaylaştıracağını ve mevcut teknik becerilerin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayacağını belirtmektedir. Westinghouse ayrıca, basitleştirilmiş, modüler ve ultra kompakt nükleer adanın inşaat maliyetlerini ve programını da azalttığını belirtmektedir. Bu nedenlerle şirket, ilk operasyonel ünitenin 2030'ların başında hazır hale getirmeyi planlamaktadır.



Şekil 3. Tam bağlantısız olarak tasarlanmış entegre küçük basınçlı hafif su reaktörü (nucleus.iaea.org)

Çin'de şu anda inşaatı devam eden önde gelen SMR projesi, Güney Çin'deki tropikal Hainan Adası'ndaki Changjiang Nükleer Santrali sahasında inşa edilen Linglong One (ACP100) reaktörüdür. Linglong One, karada inşaatı başlayan dünyanın ilk ticari SMR'si olarak öne çıkmakta ve teknoloji açısından önemli bir küresel dönüm noktasını temsil etmektedir. Bu reaktörün güç kapasitesi 125 MWe (megawatt elektrik) olup, inşaatı devam etmektedir. Bu reaktörün 2026 yılında şebekeye bağlanması planlanmaktadır. Linglong One, 2016 yılında Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından yapılan güvenlik incelemesinden başarıyla geçen ilk küçük modüler

reaktör olmasıyla dikkat çekmektedir. Tasarımı, harici güç veya insan müdahalesi gerektirmeden güvenli bir şekilde kapatılmasını sağlayan pasif güvenlik sistemlerine sahiptir. Şekil 3'te tasarım yapısı verilen Çin'in inşaatı devam eden SMR projesi "Linglong 1" olarak da adlandırılan ACP100, reaktör teknolojisinin geliştirilmesinde önemli yenilikler içermektedir. SMR'nin esnek yapısı nedeniyle, reaktör elektrik üretiminin yanı sıra bölgesel ısıtma, endüstriyel ısı temini ve tuzdan arındırma gibi çeşitli uygulamalarda da kullanılabilecektir.

6. Sonuç ve Değerlendirmeler

Küçük Modüler Reaktörler (SMR'ler), nükleer teknolojilerin yeni endüstriyel uygulamalara entegre edilmesinin önünü açan yenilikçi güvenlik özellikleri içermekte olduğundan, bu özellikleri sebebiyle potansiyel yatırımcılar için daha cazip görünmektedirler. Bu reaktörler, nispeten düşük karbonlu elektrik ve ısı sağladıkları için entegre enerji sistemlerinde önemli bir rol oynamaları beklenmektedir. SMR'ler, ulaştırma, kimya ve çelik endüstrileri ve bölgesel ısıtma gibi emisyon azaltımı zor sektörlerin karbonsuzlaştırılmasına katkıda bulunabilirler. Kısacası, Küçük Modüler Reaktörler (SMR'ler) ve mikro reaktörler, güvenlik, uygun fiyat ve esnekliği temiz ve güvenilir enerjiye olan acil ihtiyaçla bir araya getirdikleri için nükleer enerjinin geleceğini temsil etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yerini alması beklenmemekte olup, ancak istikrarlı elektrik sağlamaları ve ülkelerin emisyon hedeflerine ulaşmalarına katkı sağlaması beklenmektedir. Ulusal Enerji Planı, Türkiye'nin toplam kurulu nükleer kapasitesini 2035 yılına kadar 4,8 GW'tan 7,2 GW'a çıkarmayı hedeflemektedir. Nükleer kapasite inşasında sıçrama yapmayı hedefine koyan Türkiye'nin, nükleer endüstri tarafından önemli bir pazar haline gelmesi göz ardı edilemeyecek bir gelişme olacaktır.

Türkiye'nin Küçük Modüler Reaktörler (KMR) ve mikro reaktörleri entegre etme stratejisi, 2035 yılına kadar iddialı 7,2 GW nükleer kapasite hedefine başarıyla ulaşmak için güvenlik, ekonomik uygulanabilirlik ve stratejik bağımsızlığı önceliklendiren kriterlere dayanmalıdır. Türkiye, SMR projesi geliştirirken, proje riskini önemli ölçüde azaltmak, lisanslamayı hızlandırmak ve istikrarlı bir tedarik zinciri sağlamak için Westinghouse AP300 veya NRC onaylı NuScale SMR gibi yüksek olgunluk seviyesine sahip ve "Refe-

rans Tesis" statüsünde olabilen SMR tasarımlarını seçmeye öncelik vermesi IAEA gerekliliklerine yerine getirmede daha uyumlu olacaktır. SMR'lerin ve mikro reaktörlerin benimsenmesi, Türkiye'ye enerji karışımını çeşitlendirme ve çelik ve kimya gibi karbonsuzlaştırılması zor endüstriyel sektörlerin karbonsuzlaştırılması için gerekli esnek, düşük karbonlu güç ve ısıyı sağlama gibi ikili bir avantaj sunması beklenmektedir. Türkiye, karasal SMR tasarımlarından yararlanması, 2035 yılına kadar nükleer kapasitesini 7,2 GW'a çıkarma gibi iddialı hedefine ulaşabilmesine de katkı sağlayacaktır.

Türkiye, ilk tedarik çalışmalarını, yüksek düzeyde teknolojik olgunluğa ulaşmış, ideal olarak tanımlanmış bir "Referans Tesis"e sahip SMR tasarımlarına odaklamalıdır. Gerekçe: "Referans Tesis", lisanslanmış, inşa edilmiş ve devreye alınmış, yerleşik bir tedarik zinciri ve işletme deneyimine sahip bir tasarım olarak tanımlanır olmalıdır. Olgunluk seviyesi yüksek bir SMR tasarımı seçmek, proje yürütme riskini önemli ölçüde azaltacak, inşaat programlarını kısaltarak ve türünün ilk örneği (FOAK) teknolojilere kıyasla maliyetlerin hesaplanması için daha güvenilir bir temel sağlayacaktır.

SMR'ler, Türkiye'ye enerji ve sanayi sektörlerindeki birçok zorluğun aynı anda üstesinden gelmek için güçlü bir araç sunmaktadır. SMR'ler ve mikro reaktörlerin konuşlandırılması, Türkiye'nin enerji karışımını dalgalı güç sağlayan fosil yakıtlardan uzaklaştırarak, kesintili yenilenebilir enerji kaynaklarını (rüzgar/güneş) tamamlayan dayanıklı bir temel yük güç kaynağı olarak öne çıkacaktır. Türkiye, gelişmiş tasarımlara sahip tedarikçilerle ortaklık kurarak, uzun vadeli kendi kendine yeterliliği garanti altına alarak, işletme, bakım ve düzenleme için nitelikli bir yerel nükleer iş gücünü hızla oluşturmak için bu uzmanlıktan etkili bir şekilde yararlanabilecektir. Türkiye, belirli reaktör bileşenleri için Türk üretim kapasitesinin kullanılmasını zorunlu kılan anlaşmalar üzerinde müzakere edebilir, böylece yerel tedarik zincirini canlandırmalı ve yüksek değerli istihdam olanakları oluşturabilecektir.

Türkiye'nin başlangıçta odak noktası Basınçlı Su Reaktörü (PWR) tabanlı Küçük Modüler Reaktörler (SMR'ler) olara görünse de, Erimiş Tuz Reaktörleri (MSR'ler), Türkiye'nin uzun vadeli stratejisi için aktif olarak araştırdığı hayati önem taşıyan, gelişmiş bir nükleer teknolojiyi temsil

etmektedir. Bu teknoloji, yerli toryum kullanımının ithal uranyum yakıtına olan bağımlılığı azaltması ve doğal pasif güvenlik ile daha az kalıcı radyoaktif atık potansiyelinin çevresel hedeflerle uyumlu olması sayesinde enerji bağımsızlığını da artırmaktadır. MSR teknolojisinin küresel olarak hala prototip aşamasında olduğu göz önüne alındığında, mevcut strateji öncelikle 2035 kapasite hedeflerine hızla ulaşmak için ticari olarak olgunlaşmış PWR tabanlı SMR'lerin devreye alınmasını, ardından yüksek sıcaklıklı, yakıt açısından esnek ve tamamen ulusal nükleer teknolojinin tüm avantajlarından yararlanmak için MSR'lerin ikinci bir aşamada entegre edilmesini içermelidir. Bazı MSR tasarımları toryumu yakıt kaynağı olarak kullanabilmektedir. Türkiye'nin yerel toryum rezervleri, MSR'lerin geliştirilmesi ithal uranyuma olan bağımlılığı azaltarak enerji bağımsızlığını önemli ölçüde artırabilecektir.

Millî İstihbarat Akademisi tarafından Ekim 2025'te yayınlanmış olan Nükleer Enerjide Stratejik Fırsat: Küçük Modüler Reaktörler Ve Türkiye raporunda da, Türkiye'nin büyüyen ekonomisi ve artan enerji talebi karşısında arz güvenliği, uygun maliyet ve düşük emisyon hedeflerinin aynı anda karşılanmasının stratejik bir zorunluluk olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca Raporda, SMR'lerin uzak şebekeler, maden sahaları ve dağınık yerleşimler için kesintisiz ve ölçeklenebilir bir çözüm sunduğu vurgulanmıştır. Bu bağlamda Türkiye'nin Nükleer Denizaltı (NÜKDEN) Projesi'nin stratejik önem taşıdığı, Türkiye'nin 2053 vizyonunda toplam nükleer kurulu gücün 20 GWe'ye çıkarılmasının hedeflendiği vurgulanmıştır. Türkiye'nin teknolojik olgunlaşma penceresini iyi kullanması durumunda yalnızca kullanıcı değil; aynı zamanda bölgesel tedarik, mühendislik ve AR-GE (araştırma-geliştirme) merkezi olma fırsatını da yakalayabileceği, yerli kapasiteyi de artıracakı vurgulanmıştır.

Bu anlamda, Türkiye, olgunluk seviyesi yüksek PWR tabanlı SMR'lerin başarılı bir şekilde devreye alınmasının ardından, nükleer dağıtımın ikinci aşamasının bir parçası olarak MSR'leri dahil etmesi ülke stratejik hedeflerine ulaşmada daha kolaylaştırıcı rol oynayacağı değerlendirilmektedir.

Kaynaklar :

- 1- Nuclear Engineering International , traceyhonney, www.neimagazine.com/advanced-reactorsfusion/smr-shortlist-explored-11370078/?cf-view, December 14, 2023
- 2- Ontario Investing \$1 Billion to Build Small Modular Reactors at Darlington , news.ontario.ca/en/release/1006638/ontario-investing-1-billion-to-build-small-modular-reactors-at-darlington, October 23, 2025
- 3- Energynews, Nuclear Energy Energy Asset Transfer. www.energynews.pro/en/acp100-chinas-first-modular-reactor-for-sustainable-nuclear-energy, September, 17 2024
- 4- NEA Small Modular Reactor (SMR) Dashboard, www.oecd-neo.org/jcms/pl_73678/nea-small-modular-reactor-smr-dashboard
- 5- World Nuclear Association, www.world-nuclear-news.org/articles/there-are-now-127-different-smr-designs-finds-nea-report, Wednesday, 23 July 2025
- 6- Advanced Reactors Information System (ARIS), International Atomic Energy Agency, www.aris.iaea.org/TechnicalData/, September 2024
- 7- The Platform on Small Modular Reactors and their Applications, International Atomic Energy Agency (IAEA) nucleus.iaea.org/sites/smr/SMR_Platform_Meeting_Public_Assets/INT2023
- 8- NuScale to Power Historic 6-GW SMR Project, www.nuscalepower.com
- 9- Main pump installed on Linglong One unit of Changjiang Nuclear Power Plant, www.en.cnn.com.cn/2025-04/27/c_1089207.htm
- 10- SMR technology development, www.small-modular-reactors.org/smr-technology-development/, November 2025
- 11- Rapor, Nükleer Enerjide Stratejik Fırsat: Küçük Modüler Reaktörler Ve Türkiye, Millî İstihbarat Akademisi, Ekim 2025.
- 12- Small Modular Reactor Technology Catalogue 2024 Edition. www.aris.iaea.org/publications

2026 YILI EN AZ ÜCRETLERİ YAYIMLANDI

Elektrik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu, 2026 yılında işletme sorumluluğu, trafo, dış tesis projeleri, test ve ölçümler gibi mühendislik hizmetleri için uygulanacak en az ücretlerin artışı kararına bağlayarak, EMO alanındaki mühendislik hizmetlerinde temel alınacak yönetmelikler, sözleşmeler, rapor kriter ve formları, en az ücretlerin uygulama esaslarının da yer aldığı kitapçığı elektronik olarak yayımlamıştır.



1 Eylül 2025 tarihinden itibaren, elektrik tesisatı ve topraklama tesisatı, yıldırımdan korunma tesisatı ve yangın algılama ve uyarı sistemleri periyodik kontrollerinde şeklen ve içerik olarak eksiksiz kullanılması zorunlu hale gelen rapor formatlarını bu yayın içerisinde bulabilirsiniz.

2026 yılında geçerli ücretler 26-27-28 Nisan 2024 tarihli Elektrik Mühendisleri Odası 49. Olağan Genel Kurulu'nun verdiği yetki ve 09.12.2010 tarih ve 27780 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Elektrik Mühendisleri Odası En Az Ücret ve Mesleki Denetim Uygulama Esasları Yönetmeliği'nin 6. maddesi uyarınca EMO Yönetim Kurulu'nun 10.11.2025 tarih ve 49/50 sayılı toplantısında kabul edilmiştir ve 01.01.2026 tarihi itibarıyla yürürlüğe girecektir.

2026 Yılı Elektrik, Elektronik, Elektrik-Elektronik, Biyomedikal Mühendisliği Hizmetleri kitabına ulaşmak için başlığa tıklayınız.

ENERJİ DEPOLAMA YAZI DİZİSİ-4

ENERJİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ: KONFIGÜRASYON, PİYASA, İNOVASYON, YAPAY ZEKA VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Gözde DEMİRSOY - Elektrik Elektronik Mühendisi & Enerji Sistemleri Yüksek Mühendisi

gozde.demirsoy@gmail.com

Enerji depolama yazı dizimizin son bölümünde, enerji depolama sistemlerinin konfigürasyonundaki teknoloji seçimi, küresel ve Türkiye pazar dinamikleri, inovasyon trendleri, yapay zeka uygulamaları ve sürdürülebilirlik temaları ele alınmıştır. Bu perspektiflerle enerji depolama teknolojileri bütüncül bir yapıda sunulmuş olup depolama sektörünün teknik, ekonomik, dijitalleşme ve sürdürülebilirlik odaklı dönüşüm dinamikleri kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir.

1. ENERJİ DEPOLAMA TEKNOLOJİSİ SEÇİMİNDE BÜTÜNCÜL YAKLAŞIM

Enerji depolama teknolojisinin seçimi; sadece kapasite ve ilk yatırım maliyeti (CAPEX) gibi klasik mühendislik parametreleriyle değil; teknik performans (çevrim verimi/ömrü, tepki süresi, şarj/deşarj hızı, çalışma sıcaklığı gibi), ekonomik göstergeler (LCOS, OPEX vb.), çevresel etkiler, güvenlik profili ve yasal çerçeve gibi çok boyutlu kriterlerin bir arada değerlendirilmesiyle yapılmalıdır. Seçilecek teknolojinin yüksek çevrim verimi, enerji yoğunluğu ile şarj/deşarj verimi, düşük kendi kendinedeşarj oranı, uzun ömür ve düşük yaşam döngüsü maliyeti sunması esastır [1-2].

Karar alma süreçlerinde, depolama sisteminin sağlayacağı hizmet türü (pik yönetimi, frekans kontrolü vb.) ile şebeke koşullarının bütüncül analizi kritik öneme sahiptir. Enerji depolama yatırımları yalnızca kısa vadeli teknik çözümler değil, uzun vadeli enerji dönüşümü, arz güvenliği ve sürdürülebilirlik hedefleri için stratejik altyapı unsurları olarak konumlandırılmalıdır.

2. KÜRESEL ENERJİ DEPOLAMA GÖRÜNÜMÜ

2.1. Kurulu Kapasite ve Pazar Dinamikleri

Küresel kümülatif enerji depolama sektörü, 2023 itibarıyla yaklaşık 200 GW kurulu güç ve 800 GWh toplam enerji kapasitesine ulaşmıştır. Tarihsel olarak 1990'lara kadar pompaj depolamalı hidroelektrik santraller (PDHES) hakimken 2010 sonrası dönemde lityum-iyon bataryalar yeni ek kapasitenin ana sürükleyicisi olmuştur [3].

Coğrafi dağılımda belirgin bir kutuplaşma mevcuttur; pazar Çin, ABD ve Avrupa ekseninde yoğunlaşmıştır [3]. 2024 yılında küresel pazara 175,4 GWh ek kapasite eklenmiş olup 2025 yılında bu kapasitenin %26,5 artışla 221,9 GWh seviyesine ulaşması beklenmektedir [4,5]. Bununla birlikte, 2024'te gerçekleştirilen COP29'da da yapılan açıklamada küresel depolama kapasitesinin 2030'a kadar 1.500 GW'a çıkacağı ifade edilmiş ki bu seviye 2022 değerlerinin altı katından fazlasına karşılık gelmektedir.

2.2. Uygulama Alanları ve Teknolojik İş Bölümü

Depolama kurulumları, altyapı destek hizmetlerinden ziyade aktif piyasa mekanizmaları tarafından şekillenmektedir. ~170 GW ve ~60 GW seviyelerindeki toptan elektrik piyasaları (arbitraj) ve yan hizmetler (frekans regülasyonu, kara başlatma (black start), tedekleme vb.) pazarı domine ederken, 1.4 GW seviyelerinde kalan iletim ve dağıtım seviyesindeki uygulamalar ise pazarda daha marjinal kalmıştır [3].

Teknolojik dağılımda net bir iş bölümü görülmektedir [3]:

- **Pompaj HES ve Mekanik Sistemler:** Yüksek kapasite ve atalet gerektiren toptan elektrik piyasaları ve yan hizmetler gibi alanları domine etmektedir.

- **Lityum-İyon Bataryalar:** Modüler yapıları sayesinde şebeke kısıt ve tıkanıklık yönetimi ile dağıtım seviyesindeki güvenilirlik alanlarında birincil çözümdür.

- **Akışkan Bataryalar ve Termal Depolama:** Uzun süreli enerji sağlama yetenekleriyle, dağıtım seviyesindeki güvenilirlik uygulamalarında stratejik alternatifler sunmaktadır.

2.3. Bölgesel Pazar Eğilimleri

Küresel enerji depolama pazarı, bölgelere göre değişen büyüme hızları ve yatırım eğilimleriyle farklılaşan dinamik bir görünüm sergilemektedir.

- **Avrupa:** 2024'te 19,1 GWh'lık yeni enerji depolama kapasitesi ile %12,4 büyüyen pazarın, 2025'te %41 artışla 27 GWh yeni kapasite eklemesi öngörülmektedir. İtalya, Almanya ve İngiltere pazarın liderleridir. Aynı yıl Avrupa enerji depolama pazarında ilk kez sayaç önü (FTM) ve sayaç arkası (BTM) pazarlarının kurulum kapasiteleri eşitlenmiş ve büyüme motoru kademeli olarak BTM'den FTM pazarlarına doğru kaymıştır[4].

- **Amerika Kıtası:** 2024'te 41,3 GWh yeni kurulu kapasite ekleyerek %53 büyüyen pazarda ABD (özellikle Kaliforniya ve Teksas) ve Şili başı çekmektedir. ABD'de ortalama depolama süresi 3 saatin üzerine çıkmıştır. ABD ve Şili depolama pazarları FTM projeleri tarafından yönlendirilmektedir. 2025 yılında ABD'nin yıllık kapasite artışının %20'nin üzerinde kalacağı, Şili'nin 3 GWh'nin üzerinde yeni kapasite eklemesi beklenmektedir [4].

- **Orta Doğu ve Afrika:** 2024 yılı itibarıyla bölgenin toplam kurulu kapasitesi 2,7 GWh seviyesine ulaşmıştır. 2025 yılında %381 gibi rekor bir artışla 13 GWh seviyesine ulaşması beklenen bölgede, Suudi Arabistan ve BAE projeleri öne çıkmaktadır [4].

2.4. Teknoloji Bazında Maliyet Eğilimleri (LCOS)

Statista'nın verileri, kum ısı depolamanın 4-10 USD/kWh ile en düşük maliyetli teknoloji oldu-

ğunu, CAES'in maksimum 300 USD/kWh 'da olduğunu, pompaj hidro depolamanın ise yaklaşık 60 USD/kWh seviyesinde daha rekabetçi bir maliyet profili sunduğunu göstermektedir. Batarya depolama maliyetleri ise son on yılda %84 düşüş göstermiştir olup 100-150 USD/kWh bandındadır [6-7]. 2023 ve 2030 LCOS (Düzgünleştirilmiş Depolama Maliyeti) projeksiyonlarına göre [8]:

- Kısa süreli uygulamalarda Lityum-iyon (LFP) bataryalar maliyet avantajını korumaktadır.

- 100 saat üzeri uzun süreli depolamalarda (LDES) ise Hidrojen ile Pompaj HES ve CAES (Sıkıştırılmış Hava) gibi mekanik depolama çözümleri ekonomik üstünlüğe sahiptir.

- DOE'nin "Long Duration Storage Shot" hedefleri doğrultusunda, 10 saat ve üzeri süre depolama sağlayabilen teknoloji maliyetlerinin 2030'a kadar %90 düşürülmesi amaçlanmaktadır.

2.5. Teknolojik Gelişmeler ve İnovasyonlar

Sektör, sadece maliyet düşüşüne değil, malzeme çeşitliliğine de odaklanmaktadır:

- **Sodyum-İyon Bataryalar:** Lityum rezervlerine alternatif olarak yükselen bu teknolojiye Çin liderdir. 2034'e kadar pazarın yıllık %45 büyümesi beklenmektedir. [9,10] Çinli pil üreticisi CATL firması elektrikli araçlar için daha hızlı şarj olan ve daha uzun menzil giden sodyum-iyon bataryaları piyasaya sürmüştür.

- **Katı Hal Bataryalar:** Toyota ve BMW gibi devler, 1.000 km menzil sunan ve güvenliği artıran bu teknolojiye yatırım yapmaktadır. Theion (Almanya) şirketi, elektrikli araçlar ve havacılık için katı hal kükürt pilleri geliştirmektedir.

- **Redoks akışlı piller:** XL Batteries (ABD) firması, maliyetleri düşürmek için tuzlu su bazlı akış pilleri üretmektedir [11].

- **PDHES:** Bir Texas girişimi, eski petrol kuyularını PDHES için yeniden kullanmaktadır. İtalya merkezli Sizible Energy, okyanus derinliğini kullanarak yenilikçi bir pompajlı hidroelektrik depolama sistemi geliştirmiş ve 8 milyon dolarlık yatırım almıştır. Bununla birlikte PDHES sistemlerinin artık yalnızca yeni yapım değil "yenileme / retro fit" düzeyinde de kullanıl-

maktadır; özellikle terk edilmiş madenler, yer altı mekanları, eski hidro santraller PDHES'e dönüştürülmektedir [37 12].

- **CAES:** Çin Jintan Tuz Mağarası Projesi kapsamında 700 MW gücünde ve 2.8 GWh depolama kapasitesine sahip dünyanın en büyük basınçlı hava enerji depolama (CAES) tesisini inşa etmektedir [13].
- **Hidrojen:** GRZ Technologies (İsviçre) katı hal hidrojen depolama sistemleri üretmektedir. Toyota ve BMW'nin hidrojen yakıt hücreli otomobiller için projeleri bulunmaktadır.
- **Çimento ve Beton Tabanlı Uygulamalar:** Bilim insanları, betonun ve çimentonun enerji depolama aracı olarak kullanılabileceği yeni yaklaşımlar geliştirmiştir. Shewanella oneidensis bakterileriyle elektroaktif bir ağ oluşturarak betonu biyohibrid bir süperkapasitöre dönüştürmüştür. Çimento tabanlı uygulamalarda ise karbon fiber takviyeli anot-katot mimarisiyle metrekarede yaklaşık 7 Wh düzeyinde enerji yoğunluğuna ulaşılmaktadır [14,15].
- **Taşıttan şebekeye (Vehicle to Grid (V2G)) sistemler:** V2G uygulaması, yalnızca elektrikli taşıtta uygulanan, temel olarak araçtan dağıtım şebekesine direkt olarak güç akışı sağlanan bir sistemdir. V2G sistemine sahip elektrikli araçlar, yenilenebilir kaynaklar için yedekleme kaynağı sunmaktadırlar. Bu özellikler, frekans ve gerilimin kontrolü, döner yedek dahil olmak üzere yardımcı servisler sağlayabilir [16]. ABD'de SCE ve PG&E'nin BMW işbirliğiyle yürüttüğü pilot şarj-zamanlama programları ile Avrupa'da MyWheels-Renault ortaklığının iki yönlü şarj entegrasyon projesi, hem farklı ülkelerde V2G uygulamalarının sahada test edildiğini hem de Audi, Volkswagen, Hyundai ve Nissan gibi üreticilerin çift yönlü şarj donanımını araç platformlarına entegre ederek teknolojiyi ticarileştirmeye yönelik Ar-Ge çalışmalarını hızlandırdığını göstermektedir.
- **Hibrit enerji depolama sistemleri:** Farklı enerji depolama teknolojilerinin birlikte ve birbirini tamamlayacak biçimde kullanılması, tekil sistemlerin yetersiz kaldığı durumlarda performans ve esneklik artışı sağlayan hibrit enerji depolama sistemleri (HESS) yakla-

sımı olarak tanımlanmaktadır. Almanya'da 20 MW hibrit ısı-batarya sistemi, İngiltere'de RedT'nin li-ion/vanadyum akış batarya kombinasyonu, ABD'de Duke Energy'nin ultrakapasitör-batarya hibriti ve ulusal çaplı EES entegrasyon modeli gibi farklı ülke uygulamaları, çoklu depolama teknolojilerinin birlikte kullanıldığında şebeke esnekliği, güvenirliliği ve arz sürekliliğini belirgin biçimde artırdığını göstermektedir [17].

- **Organik pil:** Bilim insanlarının su bazlı elektrolitler ve pedot polimerleriyle geliştirdiği tamamen organik, düşük maliyetli ve geri dönüştürülebilir batarya yapısı, vanadyum redoks akış pillerine kıyasla daha düşük enerji yoğunluğuna sahip olsa da yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjiyi güvenli ve ekonomik biçimde depolayabilmesi sayesinde elektrikli araçlardan şebeke ölçeğine kadar geniş bir kullanım potansiyeli sunmaktadır [18].
- **Bazalt çakıl taşlarında depolama:** GridScale'in bazalt granülleriyle ısıyı 600 °C seviyelerine kadar depolayan ve şarj-deşarj döngüsünde kompresör-türbin çiftini kullanarak yaklaşık yüzde 60 round-trip verimliliğe ulaşabilen termal depolama mimarisinin 2 MW elektrik üretim kapasitesine ve 20 MWh çıkışa sahip olması beklenmektedir [19].

3.TÜRKİYE ENERJİ DEPOLAMA GÖRÜNÜMÜ

3.1. Mevzuat ve Stratejik Hedefler

Türkiye'de enerji depolama alanına yönelik düzenlemeler, Elektrik Piyasası Kanunu'ndan yan hizmetler, bağlantı, şebeke ve ölçüm sistemlerine ilişkin teknik yönetmeliklere uzanan kapsamlı mevzuat seti ile EPDK'nın depolamalı üretim, müstakil depolama ve piyasa işleyişine dair kararlarının bütünleşmesi sonucunda, yatırım süreçleri, operasyonel entegrasyonu ve piyasa mekanizmalarını tanımlayan çok katmanlı bir çerçeve oluşturmuştur.

Buna paralel olarak, oluşturulan eylem, kalkınma, strateji ve enerji planları ile yol haritaları, enerji depolamayı arz güvenliği, sistem esnekliği, yenilenebilir enerji entegrasyonu ve yeni nesil teknolojilerin geliştirilmesi açısından stratejik bir politika eksenini olarak konumlandırmaktadır. Bu bağlamda, 2030 yılına kadar 2,1 GW batarya ka-

pasitesinin devreye alınması; 2035 yılına kadar 7,5 GW lisans sahibi düzeyinde ve 1,7 GW talep tarafı katılımıyla toplam 9,3 GW depolama gücüne ulaşılması beklenmektedir [20].

3.2. Mevcut Durum

Strategy&PwC raporuna göre, ülke genelinde yapılan 2.700'ün üzerindeki önlisans başvurusunun toplamda 160 GW düzeyinde kurulu güce ve yaklaşık 230 milyar ABD doları toplam yatırım büyüklüğüne karşılık gelmektedir.

TESAB tarafından yayımlanan Türkiye Enerji Depolama Analiz Raporu'na göre ise, Haziran 2025 itibarıyla Türkiye'de toplam 33 GW kurulu güce sahip 673 depolamalı elektrik üretim projesine önlisans verilmiştir. Bu projelerin 262'si ve 18.3 GW'ı rüzgar (Tekirdağ liderliğinde), geri kalan 411 proje ve 14.6 GW'ı ise güneş (Ankara liderliğinde) tabanlıdır [20].

3.3 Gelecek Projeksiyonu

Belirlenen kapasite hedefleri, enerji depolamanın politika yapımındaki stratejik rolünü pekiştirirken; Türkiye'nin gelecekteki şebeke esnekliği ve arz güvenliği gereksinimlerinin karşılanabilmesi için uzun vadeli kapasite projeksiyonlarının sistem planlaması çerçevesinde bütüncül olarak değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Strategy&PwC raporu, Türkiye enerji depolama pazarının belirlenen hedeflere bağlı olarak önümüzdeki on yılda güçlü bir büyüme eğilimine sahip olduğunu göstermektedir. Raporda ayrıca Türkiye enerji depolama pazarının 2032 itibarıyla yıllık 400-500 milyon ABD doları aralığında bir satış hacmine erişebileceği öngörülmekte olup bu büyüme yenilenebilir enerji üretiminin sistem içindeki payının artması, elektrikli araç altyapısının yaygınlaşması ve bataryaya ihtiyacın artması, sanayide enerji güvenliği ve kesintisizlik talebinin güçlenmesi ile depolamayı destekleyen düzenleyici çerçevenin gelişmesi gibi temel faktörlerle ilişkilendirilmektedir [20].

3.4. Öne Çıkan Yerli Gelişmeler ve Projeler

Türkiye, enerji depolamada sadece pazar değil, aynı zamanda üretim üssü olma yolunda olup öne çıkan yerli gelişmeler ve projeler aşağıda özetlenmiştir:

- **Aspilsan Enerji:** Türkiye'nin ilk silindirik lityum-iyon pil üretim tesisini kurarak ihracatçı konuma geçmiştir.
- **Pomega (Kontrolmatik):** Ankara Polatlı'da Türkiye'nin ilk özel sektör Lityum Demir Fosfat (LFP) pil hücresi Gigafabrikasının temeli atılmıştır.
- **Progresiva Enerji (Silivri Projesi):** Türkiye'nin ilk müstakil Lityum-iyon enerji depolama tesisi (250 MW / 1000 MWh) olarak Silivri'de kurulmaktadır.
- **Yerli Lityum:** Eti Maden, sıvı bor atıklarından lityum karbonat üretimini laboratuvar ölçeğinde gerçekleştirmiştir [55]. Eskişehir / Kırka'da 10 ton/yıl kapasiteli bir pilot tesis tamamlanmış; 2025 yılı içinde ihalesi planlanan 600 ton/yıl kapasiteli ticari tesisin kurulum süreci başlatılmıştır.
- **Togg ve Siro:** Batarya hücresi ve modül üretimi konusunda Gemlik'te yapılan yatırımlar otomotiv endüstrisi ile enerji sektörünü birleştirmektedir.
- **Aggreko:** Aggreko, Türkiye'nin ilk şebeke bataryasını başarıyla devreye almıştır. Çorum/Alaca kasabası yakınlarındaki bir trafo merkezinde konuşlandırılan 500 kW'lık, bir saatlik Li-ion batarya sistemi ile elektrik ağındaki şebeke istikrarını artırmak hedeflenmektedir.
- **Sodyum-iyon batarya:** Türkiye'nin ilk yerli sodyum-iyon bataryası Batron Enerji ve Salty Enerji arasındaki stratejik iş birliği kapsamında üretilmiştir.
- **Süperkapasitör:** Aliğa RES'te ve bir sanayi tesisinde 2 MW kapasiteli süperkapasitör sistemi devreye alınmıştır.
- **Termal Enerji Depolama PCM (Faz Değiştiren Malzemeler):** Kızıldere 2 Jeotermal Santrali'nde geliştirilen sistem ile termal enerji depolanacaktır.
- **Lisanslı depolama üretim yatırımları:** Konya Kulu'daki ilk lisanslı depolamalı GES'ten, Kırşehir Mucur'daki Türkiye'nin ilk rüzgar+güneş hibrit santraline entegre depolama yapısına sahip Geycek RES'e; önlisans sürecini tamamlayarak üretim lisansı alan ilk depolamalı yenilenebilir enerji projesi olan

Mersin RES'ten, kabulleri yapılan hibrit doğal gaz-güneş depolama tesisi Bandırma Doğal Gaz Santrali ile Türkiye'nin en büyük rüzgâr santraline entegreli depolama projesi Soma RES'e uzanan bu yatırımlar, depolamalı üretim modellerinin Türkiye'de farklı santral türlerinde ölçeklenerek fiili uygulama aşamasına geçtiğini göstermektedir.

- **Atık Geri Dönüşüm Tesisi:** 2004 yılında Kocaeli'nin Kartepe ilçesinde kurulan Exitcom Recycling Elektronik Atık Geri Dönüşüm Tesisi'nde elektronik ürünler geri dönüştürülerek lityum, kobalt, grafit hammaddelerini elde edilmektedir.

4. ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE YAPAY ZEKA

Enerji depolama sistemlerinin karmaşık geleceksel yönetim yöntemlerini yetersiz kılmaktadır. yapay zeka (YZ) ve dijital ikiz teknolojileri, bu sistemleri "enerji depolayan bir ünite" olmaktan çıkarıp "akıllı bir varlığa" dönüştürmektedir.

Yapay zeka ve dijital ikiz teknolojilerinin enerji depolamadaki temel kullanım alanları aşağıdaki başlıklar altında detaylandırılmaktadır:

- **Durum Tespiti ve Operasyonel Optimizasyon (SOC/SOH):** Depolama sistemlerinin şarj/deşarj, yaşlanma ve kalan ömürlerinin belirlenmesi ve operasyonel kararların optimize edilmesi amaçlanmaktadır.
- **Kestirimci Bakım:** Arıza, sıcaklık, performans kaybı ve termal kaçak risklerini önceden tahmin edilerek bakımın öngörüye dayalı yapılması hedeflenmektedir.
- **Algoritmik Ticaret (Arbitraj):** Elektrik fiyatı, talep, yenilenebilir enerji üretimi, şebeke tıkanıklığı ve frekans dengesizliğinin yüksek doğrulukla modellenerek otonom alım-satım yapılması ve böylelikle gelirin artırılması amaçlanmaktadır.
- **Kapasite Planlama (LDES):** Mevsimsel üretim varyanslarını analiz edilerek optimal sistem tasarımının yapılması hedeflenmektedir.
- **Güvenlik:** Depolama sistemlerinde otonom ve güvenli işletme, saldırı tespiti, risk azaltma ve otonom kontrol stratejilerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.
- **AR-GE:** on binlerce materyalin yapay zeka

destekli otomatik tarama ve moleküler düzeyde simülasyon tabanlı sentez yöntemleriyle değerlendirilmesi, deneysel süreçlerin optimize edilmesini sağlayarak yeni malzeme tespitini ve ticarileşme sürecini önemli ölçüde hızlandırmaktadır.

Örnek uygulamalarda; Borusan Ventures destekli Tyba platformu ve 3E firmasının FULLEST projesi, dijital ikizler ve YZ optimizasyonu ile depolama sistemlerinin performansını ve karlılığını maksimize etmektedir.

Smart Innovation Norway'nın "AI Battery Optimizer"ı, EcoFlow'un öngörücü YZ tabanlı ev içi depolama yönetimi ve Avrupa'da Ego Energy'nin gerçek zamanlı BESS optimizasyon mimarisi gibi uygulamalar, yapay zekanın şarj-deşarj zamanlamasından piyasa katılımına, varlık ömrü yönetiminden mikro-döngülerin önlenmesine kadar batarya operasyonlarını hem teknik hem ticari açıdan eşzamanlı optimize ederek enerji maliyetlerini düşürdüğünü ve uzun vadeli değer yaratımını artırdığını göstermektedir. Bu yaklaşımlar, BESS işletimini sezgisel karar süreçlerinden çıkarıp milisaniye ölçeğinde işleyen veri odaklı, öngörücü ve bütünsel bir optimizasyon çerçevesine dönüştürmektedir.

Sonuç olarak, yapay zeka ve dijitalleşme enerji depolama sistemlerinin tasarımı, işletimi, durumsal izleme-bakımı, güvenlik yönetimi ve piyasa entegrasyonu dahil olmak üzere tüm yaşam döngüsünü yeniden şekillendirerek bu sistemleri daha düşük maliyetli, daha uzun ömürlü, daha güvenilir ve daha esnek yapılara dönüştürmektedir.

5. ÇEVRESEL ETKİLER, SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE GERİ DÖNÜŞÜM

Enerji depolamanın yaygınlaşması, madencilik ve atık yönetimi kaynaklı yeni çevresel riskleri ile geri dönüşüm konularını beraberinde getirmektedir.

5.1. Kritik Mineraller ve Tedarik Zinciri

Lityum, kobalt, nikel ve grafit gibi kritik minerallerin tedariği, yüksek su tüketimi ve çevresel kirlilik yaratmaktadır. Tedarik zincirinin (rafine lityumun %60'ı, katot materyallerinin %70'i, dünya doğal grafit üretiminin %79'u, dünya grafit işleme kapasitesinin %90'ından fazlası) Çin'de yo-

ğunlaşması, enerji güvenliği açısından jeopolitik riskler oluşturmaktadır. [21] Bu durum, kobaltsız LFP bataryalara ve sodyum-iyon gibi alternatif kimyasallara yönelimi hızlandırmaktadır.

5.2. İkinci Ömür ve Döngüsel Ekonomi

Elektrikli araç bataryaları, kullanılabilir kapasiteleri %70-80 seviyesine düştüğünde araç performansı için yetersiz kabul edilerek kullanım dışı bırakılmaktadır [100]. Söz konusu bataryalar, sabit depolama sistemlerinde "ikinci ömür" olarak değerlendirilebilmektedir. Bu yaklaşım, kullanım ömrünü 7-10 yıl daha uzatmakta, batarya maliyetlerini %30-70 oranında düşürmekte ve karbon ayak izini zamana yaymaktadır [22].

5.3. Geri Dönüşüm ve Kentsel Madencilik

Batarya atıklarının yönetimi için üç ana teknoloji öne çıkmaktadır [23]:

1. Pirometalurji: Yüksek enerji tüketmektedir ancak basittir. Ticari olarak mevcuttur.

2. Hidrometalurji: Düşük enerji ile %95 üzeri litium geri kazanımı sağlamaktadır. Ayrıca değerli metallerde yüksek saflık elde edebilme, daha düşük enerji tüketimi, çıkan ürünlerin katot üretiminde kullanılabilmesi ve ticari olarak mevcut olması nedeniyle endüstride en hızlı benimsenen teknoloji konumundadır.

3. Doğrudan Geri Dönüşüm: Malzemenin katot yapısını bozmadan yenilenmesini hedefler, en çevreci yöntemdir. Düşük maliyetine rağmen ticari ölçekte yaygınlaşmamıştır.

Endüstriyel uygulamalara bakıldığında Tesla'nın %92'nin üzerinde materyal geri kazanım oranına ulaştığı, AB'nin ise 2025 yılında yürürlüğe giren metodoloji ile 2025, 2027 ve 2031 yıllarına ilişkin zorunlu geri dönüşüm hedefleri getirdiği görülmektedir [24,25].

5.4. Düzenleyici Çerçeve ve Batarya Pasaportu

AB'nin Batarya Yönetmeliği, ABD'nin IRA kapsamındaki kritik mineral teşvikleri ve Çin'in NEV geri dönüşüm zorunlulukları, enerji depolama alanında tedarik zinciri şeffaflığı, karbon ayak izi yönetimi ve geri kazanım oranlarını merkeze alan sürdürülebilirlik odaklı düzenlemelerin küresel ölçekte standartlaştığını göstermektedir.

Bu çerçevenin tamamlayıcısı niteliğindeki Batarya Pasaportu uygulaması ise, ise pilot uygulama ve geçiş döneminde olup kimyasal bileşimden geri dönüştürülmüş içeriğe kadar izlenebilirliği dijital olarak güvence altına alarak hem üreticiler hem düzenleyiciler için şeffaflık, hesap verebilirlik ve döngüsel ekonomiye geçiş açısından kritik bir doğrulama altyapısı sunmaktadır [26].

6. SONUÇ

Enerji depolama teknolojileri, hızlanan maliyet düşüşleri, teknolojik yenilikler ve dijitalleşme dinamiklerinin etkisiyle köklü bir dönüşüm sürecine girmiş; pazar yapısı tekil çözümlerle sınırlı kalmayıp uygulama özelinde süre, güç ve esneklik gereksinimlerine göre şekillenen hibrit mimariler yönünde çeşitlenmiştir. Önümüzdeki dönemde sektörün gelişim yönü yalnızca teknik kapasite artışına değil, aynı zamanda tedarik zinciri güvenliğine, döngüsel ekonomi ilkelerine ve yapay zeka destekli akıllı işletme modellerine bağlı olarak şekillenecek; böylece enerji depolama, pasif bir altyapı unsuru olmaktan çıkarak sürdürülebilir, esnek ve karbonsuz enerji sistemlerinin en kritik stratejik bileşenlerinden biri haline gelecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Kocaman, B. (2021). ENERJİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ. Ankara: Iksad Yayınevi.
- [2] İnternet: Şebeke arz güvenliğinde elektrik depolama sistemlerinin şebeke entegrasyonu ve gelecek vizyonu. Web: <https://enerji.mmo.org.tr/wp-content/uploads/2019/02/Dr.-Faz%C4%B1l-KAYTEZ-ODTU-MD-sunumu.pdf> adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.
- [3] İnternet: Statistics. Web: <https://gesdb.sandia.gov/statistics.html> adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.
- [4] İnternet: Şebeke arz güvenliğinde elektrik depolama sistemlerinin şebeke entegrasyonu ve gelecek vizyonu. Web: <https://www.infolink-group.com/energy-article/energy-storage-topic-global-energy-storage-market-review-outlook> adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.
- [5] Dyczkowska, J. A., Panek, A., & Chamier-Gliszczyński, N. (2025). Identification of Energy Storage in Distribution Channels. Energies, 18(18), 4981. <https://doi.org/10.3390/en18184981>.
- [6] İnternet: The Big Picture. Web: <https://em->

ber-energy.org/latest-insights/global-electricity-review-2025/the-big-picture/ 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[7] İnternet: Lithium-Ion Battery Pack Prices See Largest Drop Since 2017, Falling to \$115 per Kilowatt-Hour: BloombergNEF. Web: <https://about.bnef.com/insights/commodities/lithium-ion-battery-pack-prices-see-largest-drop-since-2017-falling-to-115-per-kilowatt-hour-bloombergnef/> 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[8] İnternet: LCOS Estimates. Web: <https://www.pnnl.gov/projects/esgc-cost-performance/lcos-estimates> adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[9] İnternet: Sodyum-iyon Bataryada Koreli Ve Çinli Devlerden Güç Birliği. Web: <https://enerjidonusumu.com/sodyum-iyon-bataryada-koreli-ve-cinli-devlerden-guc-birligi/> 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[10] İnternet: What Is The Current Average Cost Of Energy Storage Systems In 2025. Web: <https://bslbatt.com/blogs/current-average-energy-storage-cost-2025/> 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[11] İnternet: The energy storage sector is evolving rapidly with advancements in lithium alternatives, hydrogen storage, and solid-state batteries. Web: <https://conexsol.com/top-10-energy-storage-trends-in-2025-future/> 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[12] İnternet: Pumped Storage Hydropower. Web: <https://www.hydropower.org/factsheets/pumped-storage> 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[13] İnternet: Dünyanın en büyük basınçlı hava enerji depolama tesisi kuruluyor. Web: <https://www.donanimhaber.com/dunyanin-en-buyuk-basinc-li-hava-enerji-depolama-tesisi-kuruluyor--185714> 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[14] İnternet: Beton, Enerji Depolama Çözümü Olma Yolunda Gelişiyor. Web: <https://enerjidonusumu.com/eritilmis-tuzla-enerji-depolamada-devrim-ci-teknoloji-gelistirildi> 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[15] İnternet: İsveçli bilim insanları çimento tabanlı bir batarya geliştirdi. Web: <https://www.isvecgundemi.com/teknoloji/isvecli-bilim-insanlari-cimento-tabanlı-bir-batarya-gelistirdi-h22868.html> adresinden 6 Nisan 2023'te alınmıştır.

[16] İnternet: Akıllı Şebekelere Elektrikli Araçların Entegrasyonu Ve Taşıttan Şebekeye V2g Uygulamaları. Web: https://www.emo.org.tr/ekler/f13bc4c93579242_ek.pdf adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[17] İnternet: Enerji depolama teknolojilerindeki son gelişmeler. Web: <https://thinktech.stm.com.tr/tr/enerji-depolama-teknolojilerindeki-son-gelis-meler> adresinden 6 Nisan 2023'te alınmıştır.

[18] İnternet: Sektörün Geleceğini Değiştireceği Söylenen, Tümüyle Organik Pil Geliştirdi. *Türkiye'nin ilk yerli sodyum-iyon (Na-Ion) bataryası Batron Enerji ve Salty Enerji arasındaki stratejik iş birliği kapsamında* Web: <https://www.webtekno.com/enerji-depolayabilen-organik-pil-h100803.html> adresinden 6 Nisan 2023'te alınmıştır.

[19] İnternet: Denmark tests storage technique using basalt granules. Web: <https://www.en-former.com/en/denmark-tests-storage-technique-using-basalt-granules/> adresinden 6 Nisan 2023'te alınmıştır.

[20] İnternet: TÜRKİYE ENERJİ DEPOLAMA ANALİZ RAPORU 2025. Web: <https://tesab.org.tr/turkiye-enerji-depolama-analiz-raporu-2025/> adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[21] İnternet: China dominates global trade of battery minerals. Web: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=65305> adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[22] İnternet: Second-life EV batteries: The newest value pool in energy storage. Web: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/second-life-ev-batteries-the-newest-value-pool-in-energy-storage> adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[23] X. Yu, W. Li, V. Gupta, and H. Gao, "Current challenges in efficient lithium-ion batteries' recycling: A perspective," Global Challenges, vol. 6, no. 12, p. 2200099, Sep. 2022, doi: 10.1002/gch2.202200099.

[24] İnternet: Tesla claims 92% battery cell material recovery in new recycling process. Web: <https://electrek.co/2021/08/09/tesla-battery-cell-material-recovery-new-recycling-process> adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[25] İnternet: Batteries. Web: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries_en adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

[26] İnternet: Battery Passport. Web: <https://www.globalbattery.org/battery-passport/> adresinden 23 Kasım 2025'te alınmıştır.

Elektrik-Elektronik Mühendisliğinin Yapay Zeka Personelleriyle Evrimi: Yeni Ufuklar ve Yetkinlikler

Buğra AYAN - Elektrik Elektronik Mühendisi

bugra.ayan@iletisim.gov.tr

Genel Bakış:

Bilim ve teknoloji, özellikle elektrik-elektronik mühendisliği (EEM) alanında, yapay zeka (AI) devrimiyle birlikte köklü bir dönüşüm yaşamaktadır. Geleneksel mühendislik pratikleri, AI destekli otomasyon, akıllı sistemler ve veri odaklı karar alma mekanizmalarıyla yeniden şekillenmektedir. Bu makale, EEM alanındaki son teknolojik gelişmeleri akademik kaynaklar ışığında incelemekte ve bu gelişmelerin "yapay zeka personelleri" olarak adlandırılacak otonom sistemler ve AI araçları tarafından nasıl bir değişime uğratılacağını ele almaktadır. Yapay zekanın bir araç olmaktan çıkıp, mühendislik iş gücünün ayrılmaz bir parçası haline gelmesiyle ortaya çıkan yeni roller, gereken yetkinlikler ve sektördeki dönüşüm bu çalışmanın ana odak noktasıdır.

Mühendislikte Yeni Bir Paradigma

Elektrik-elektronik mühendisliği, endüstriyel devrimlerden dijital çağa kadar toplumsal ve teknolojik ilerlemenin her zaman merkezinde yer almıştır[2]. Güç sistemlerinden yarı iletken teknolojisine, otomasyondan telekomünikasyona kadar geniş bir yelpazede kritik rol oynayan bu disiplin, günümüzde yapay zeka ile benzeri görülmemiş bir birleşme yaşamaktadır. Bu birleşme, sadece mevcut süreçleri iyileştirmekle kalmamakta, aynı zamanda mühendislik mes-

leğinin tanımını ve iş gücü yapısını da temelden değiştirmektedir. Son yıllarda Nesnelerin İnterneti (IoT), 5G iletişim teknolojileri, büyük veri, makine öğrenmesi ve akıllı şehirler gibi kavramların hayatımıza girmesi, bu dönüşümün en somut göstergeleridir [5]. Bu teknolojiler, AI destekli gelişmelerin omurgasını oluşturarak,

mühendislerin karşılaştığı sorunları ve çözüm yöntemlerini farklılaştırmaktadır [2]. Artık mühendisler, sadece donanım veya yazılım tasarlayan profesyoneller değil, aynı zamanda karmaşık AI algoritmalarını anlayan, yöneten ve onlarla iş birliği içinde çalışan stratejistler haline gelmektedir.



Elektrik-Elektronik Mühendisliğindeki Son Gelişmeler ve AI Entegrasyonu

Yapay zeka, elektrik-elektronik mühendisliğinin (EEM) hemen her alt dalında devrim niteliğinde değişikliklere yol açmaktadır. 2014-2024 yılları arasında yapılan akademik çalışmaların sistematik bir derlemesi, yapay zeka uygulamalarının özellikle güç mühendisliği, akıllı şebeke teknolojileri, elektrikli araç sistemleri ve genel entegrasyon gibi alanlarda yoğunlaştığını göstermektedir [1]. Bu entegrasyonun pratik yansımaları, endüstride verimliliği, güvenliği ve sürdürülebilirliği artıran somut çözümler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Uygulama Alanı	Yapay Zeka Entegrasyonunun Etkisi	Örnek Teknolojiler
Akıllı Güç Şebekeleri	Enerji talebini gerçek zamanlı tahmin etme, arızaları proaktif olarak tespit etme ve yenilenebilir enerji kaynaklarını dinamik olarak yönetme.	Makine öğrenmesi tabanlı talep tahmini, AI destekli şebeke dengeleme 4.
Tasarım ve Otomasyon (EDA)	AI destekli simülasyon araçları ile çip ve elektronik devre tasarım döngülerini yıllardan aylara indirme, hata marjlarını azaltma.	Üretken tasarım algoritmaları, otonom sistem simülasyonları 3.
Öngörücü Bakım	Endüstriyel ekipmanlardan ve altyapıdan toplanan sensör verilerini analiz ederek arızaları oluşmadan önce tahmin etme, bakım maliyetlerini düşürme.	Anomali tespiti, dijital ikizler, risk kalıpları analizi 4.
Otonom Sistemler	Elektrikli ve otonom araçlar (EV/AV), insansız hava araçları (drone) gibi sistemlerde sensör füzyonu ve karar verme mekanizmalarını güçlendirme.	Derin öğrenme tabanlı görüntü işleme, AI destekli kontrol üniteleri 3.

olmayan yeni roller almaktadır:

AI Sistem Mühendisi (AI Systems Engineer): Donanım altyapısı üzerinde yapay zeka modellerini optimize eden ve entegre eden uzman.

Robotik Donanım Geliştiricisi (Robotics Hardware Developer): Yapay zeka algoritmalarıyla uyumlu, akıllı robotik sistemler için donanım tasarlayan mühendis.

Edge AI Mimarı (Edge AI Architect): Veriyi bulut yerine doğrudan cihaz üzerinde (edge) işleyen yapay zeka uygulamaları için sistem mimarisi tasarlayan profesyonel [3].

Bu gelişmeler, yapay zekanın artık sadece bir optimizasyon aracı olmadığını, aynı zamanda yeni mühendislik çözümlerinin temelini oluşturan bir "katalizör" görevi gördüğünü açıkça ortaya koymaktadır [3]. Özellikle gerçek zamanlı dijital ikizlerin kullanımı, mühendislerin fiziksel sistemlerin sanal kopyaları üzerinde testler yaparak olası sonuçları öngörmesine ve operasyonel verimliliği sürekli iyileştirmesine olanak tanımaktadır [4].

Yapay Zeka Personelleri ve İş Gücünün Dönüşümü

Yapay zekanın elektrik-elektronik mühendisliği (EEM) alanındaki en derin etkisi, şüphesiz iş gücü piyasasında ve mühendislerin rollerinde yaşanmaktadır. "Yapay zeka personelleri" olarak adlandırılan kavram, rutin ve tekrarlayan görevleri otomatikleştiren yazılımlardan, karmaşık tasarım ve analiz süreçlerinde mühendislere asistanlık yapan gelişmiş yapay zeka ajanlarına kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Bu dönüşüm, bir tehditten ziyade, insan yeteneğini artıran ve mühendisleri daha stratejik ve yaratıcı görevlere odaklayan bir fırsat olarak görülmelidir [3].

2025 yılı iş piyasası öngörülleri, bu değişimi net bir şekilde yansıtmaktadır. Geleneksel mühendislik unvanlarının yerini, birkaç yıl önce mevcut

Bu yeni roller, tek bir alanda derinlemesine uzmanlaşmanın artık yeterli olmadığını göstermektedir. İdeal mühendis profili; elektrik mühendisliği temel bilgisine sahip, Python gibi programlama dillerine hakim, veri bilimi ve makine öğrenmesi prensiplerini anlayan, disiplinler arası bir yetkinlik setine sahip profesyoneller olarak tanımlanmaktadır [3]. Otomotiv (özellikle EV/AV), yarı iletken, yenilenebilir enerji ve telekomünikasyon (5G/6G) sektörleri, bu yeni nesil mühendislere en yüksek talebi gösteren alanlar olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç ve Geleceğe Bakış

Elektrik-elektronik mühendisliği, yapay zeka ile entegrasyonu sayesinde tarihi bir dönüm noktasındadır. Akıllı şebekelerden otonom araçlara, öngörücü bakımdan çip tasarımına kadar her alanda yapay zeka, verimliliği ve inovasyonu benzeri görülmemiş seviyelere taşımaktadır. Bu süreç, mühendislik mesleğini ortadan kaldırmak yerine, onu daha değerli ve stratejik bir konuma yükseltmektedir. Yapay zeka destekli sistemler, mühendislerin rutin ve analitik yükünü üstlenerek onlara karmaşık problem çözme, yaratıcı tasarım ve sistem düzeyinde düşünme gibi katma değeri yüksek alanlarda odaklanma imkanı tanımaktadır.

Geleceğin elektrik-elektronik mühendisi, sadece denklemleri çözen veya devreleri tasarlayan bir uzman değil, aynı zamanda yapay zeka ile iş birliği içinde çalışan, sürekli öğrenmeye açık ve disiplinler arası bir vizyona sahip bir lider olacaktır. Bu nedenle, mühendislik eğitimi ve mesleki gelişim programlarının, bu yeni paradigmaya uyum sağlayacak şekilde, yapay zeka okuryazarlığını, veri analizi yetkinliklerini ve sistem entegrasyonu becerilerini temel müfredatın bir parçası haline getirmesi kritik bir zorunluluktur. Bu dönüşüme ayak uydurabilen mühendisler ve kurumlar, teknolojinin geleceğini şekillendirmede öncü rol oynayacaktır.

Kaynakça

[1] Nguyen, M. V. D., & Kittur, J. (2025). Harnessing Artificial Intelligence for Advancements in Electrical Engineering: A Systematic Literature Review of Applications, Challenges, and Future Trends. Computer Applications in Engineering Education, 33(6). Alınan yer:

[2] Janamala, V., Rani, P. S., Rani, K. R., & Swarnasri, K. (2025). Transformative impact of electrical engineering on society, education, academia, and industry: a brief review. Electrical Engineering, 107, 10879-10897. Alınan yer:

[3] HireQuest Inc. (2025, 12 Temmuz). AI Meets Electrical Engineering: What It Means for the 2025 Job Market. Alınan yer:

[4] Glomacs. (2025, 4 Ağustos). AI Integration Trends that are Revolutionizing Electrical Engineering. Alınan yer:

[5] EMO Trabzon Şubesi. (2021, 25 Eylül). 1. ELEKTRİK-ELEKTRONİK MUHENDİSLİĞİNDE GÜNCEL GELİŞMELER SEMPOZYUMU YAPILDI. Elektrik Mühendisleri Odası

2025 Job Market. Alınan yer:

AI Integration Trends that are Revolutionizing Electrical Engineering. Alınan yer:

1. ELEKTRİK-ELEKTRONİK MUHENDİSLİĞİNDE GÜNCEL GELİŞMELER SEMPOZYUMU YAPILDI. Elektrik Mühendisleri Odası

Alınan yer:

NTSS EĞİTİM & DANIŞMANLIK İLE EMO ANKARA ŞUBESİ ARASINDA İNDİRİM PROTOKOLÜ İMZALANDI

Elektrik Mühendisleri Odası (EMO) Ankara Şubesi ile NTSS Eğitim & Danışmanlık arasında yangın güvenliği ve iş sağlığı-güvenliği alanında nitelikli uzmanlar yetiştirmek amacıyla bir indirim protokolü imzaladı. Protokol kapsamında EMO üyeleri, Avrupa Yangın dan Korunma Dernekleri Konfederasyonu tarafından akredite CFPA-E Fire Prevention Diploma (Yangın Önleme Diploma Programı) için %10 indirim ile kayıt olabilecek.

Avrupa ülkelerinde yangın güvenliği, risk yönetimi ve yangın önleme alanında yetkinlik sağlayan en saygın uluslararası programlardan biri olarak kabul edilen CFPA-E diploması eğitimlerinde, indirimden faydalanmak isteyen üyelerimizin kayıt olurken sicil numaralarını NTSS Eğitim & Danışmanlık'a bildirmeleri yeterlidir. Eğitim ile ilgili ayrıntılı bilgiye ulaşmak için [TIKLAYINIZ](#).



ntss
**YANGIN ÖNLEME
DİPLOMA
PROGRAMI**

Yangın Güvenliğinde Avrupa Standartlarına Bir Adım Daha Yakınsınız!

NTSS Eğitim ve Danışmanlık ile EMO Ankara Şubesi iş birliği ile EMO üyelerine CFPA-E Fire Prevention Diploma programında %10 özel indirim!

Profesyoneller için uluslararası bir yetkinlik, Türkiye'de güçlü bir ortaklık.

Son Kayıt Tarihi : 15.01.2026
Eğitim Formatı : e-öğrenme

Kayıt Olun
info@ntss.com.tr 0312 911 55 66

ChatGPT ile Elektronik ve Biyomedikal Teknolojisi Sohbeti

Önder ŞİŞER - Elektronik Yüksek Mühendisi

onder@reelektronik.com

OpenAI tarafından geliştirilen yapay zeka uygulaması olan ChatGPT ile elektrik, elektronik ve biyomedikal teknolojisi alanında sohbeti aşağıda bulabilirsiniz. ChatGPT yapay zeka uygulamasına sorular sorulmuş ve aşağıdaki cevaplar alınmıştır. İlerleyen haber bültenlerimizde de teknolojik bu tür sohbetleri yapmaya devam edeceğiz. Keyifli okumalar dileriz.

1) ChatGPT nedir ve neleri bilmektedir?

ChatGPT

ChatGPT, OpenAI tarafından geliştirilen bir dil modelidir ve GPT (Generative Pre-trained Transformer) mimarisine dayanmaktadır. GPT-3.5 tabanlı bir dil modeli olan ChatGPT, geniş bir dil anlama ve üretme yeteneğine sahiptir. OpenAI, bu modeli, genel dil anlama görevlerinde ve çeşitli metin tabanlı uygulamalarda kullanılmak üzere eğitmiştir.

ChatGPT, büyük bir metin veri kümesinden öğrenilmiş ve genel dil becerilerini geliştirmiştir. Kullanıcılarla doğal dilde etkileşimde bulunabilen, soruları yanıtlayabilen ve çeşitli metin tabanlı görevleri gerçekleştirebilen bir dil modelidir.

Ancak, ChatGPT'nin bazı önemli sınırlamaları vardır:

1. Bilgi Kesimi: Benim bilgi kesim tarihim Ocak 2022'dir ve bu tarihe kadar olan bilgilerle eğitildim. Bu nedenle, bu tarihten sonraki olaylar veya güncellemeler hakkında bilgi sahibi değilim.

2. Bağlam Sınırlaması: ChatGPT, bir konuşmanın bağlamını anlamakta bazen zorlanabilir ve uzun süreli konuşmalardaki bağlamsal bilgileri tam olarak muhafaza edemeyebilir.

3. Mantıksal Tutarsızlık: Model, verilen bilgiler arasında mantıksal tutarsızlıkları tespit edemeyebilir ve yanıtlarında tutarsızlık gösterebilir.

4. Yaratıcılık ve Spekülasyon: Model, belirli bir konuda spekülasyon ve yaratıcı bilgiler üretebilir, ancak bu bilgilerin gerçeklikle uyuşup uyuşmadığını doğrulamak önemlidir.

5. Duygu Anlama: Model, metindeki duygusal tonları tam olarak anlamakta zorlanabilir ve yanıtları duygusal bir bağlamda anlamak konusunda sınırlamaları olabilir.

OpenAI, ChatGPT'nin olası kötüye kullanımını önlemek ve güvenliği artırmak için çeşitli kontrol önlemleri uygulamış olsa da, modelin yanlılıkları ve potansiyel etik sorunlar gibi zorluklar hala mevcut olabilir.

ChatGPT'nin genel olarak dil anlama, metin tabanlı görevlerde yardımcı olma ve çeşitli konularda bilgi sağlama yetenekleri sayesinde, birçok farklı uygulama alanında kullanılmaktadır.

2) Grafen teknolojisi geleceğimizi nasıl değiştirecek?

ChatGPT

Grafen, tek bir atom kalınlığında karbon atomlarından oluşan bir malzemedir ve benzersiz özelliklere sahiptir. Bu özellikler, grafeni geleceğimizi önemli ölçüde değiştirebilecek bir dizi uygulama için uygun hale getirir. İşte grafen teknolojisinin geleceğimizi nasıl değiştirebileceğine dair bazı önemli alanlar:

1. Elektronik ve Bilgisayar Teknolojisi: Grafen, yüksek iletkenlik özelliği nedeniyle daha hızlı ve enerji verimli elektronik cihazlar için potansiyel sunar. Bu, daha güçlü ve hızlı bilgisayarlar, daha uzun pil ömrüne sahip cihazlar ve daha küçük, esnek elektroniklerin geliştirilmesini mümkün kılar.

2. Enerji Depolama: Grafen, enerji depolama cihazları (örneğin, lityum-iyon piller) için daha etkili anot ve katot malzemeleri sağlayabilir. Bu,

daha dayanıklı, hızlı şarj edilebilen ve uzun pil ömürlü cihazlar demektir.

3. Malzeme Bilimi: Grafen, olağanüstü mekanik dayanıklılığı ve hafifliği nedeniyle malzeme bilminde devrim yaratabilir. Yapı malzemelerinden spor ekipmanlarına kadar birçok alanda kullanılabilir ve mevcut malzemelerin performansını artırabilir.

4. Sağlık ve Tıp: Grafen, biyolojik dokularla uyumlu olduğu düşünülen bir malzemedir. Bu özellik, implantlar, biyosensörler ve ilaç taşıma sistemleri gibi sağlık uygulamaları için potansiyel sunar.

5. Su ve Çevre Teknolojisi: Grafen filtreleri, su arıtma süreçlerinde kullanılabilir ve kirli suyu temizlemek için etkili bir yöntem olabilir. Ayrıca, grafenin çevre dostu enerji üretimine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

6. Elektrikli Araçlar: Grafen, batarya teknolojilerinde kullanılarak elektrikli araçların menzilin artırabilir ve şarj sürelerini azaltabilir. Bu, elektrikli araçların daha yaygın ve pratik hale gelmesine katkıda bulunabilir.

Grafenin bu potansiyel uygulamaları, bir dizi endüstriyi dönüştürerek daha sürdürülebilir, verimli ve ileri teknolojiye dayalı bir gelecek yaratma potansiyeline sahiptir. Ancak, bu teknolojinin pratik uygulamaya geçirilmesi ve ticarileştirilmesi birçok zorlukla karşılaşmaktadır, ancak araştırmalar devam ettikçe bu engellerin aşılması beklenmektedir.

3) Genç elektrik elektronik mühendislerine tavsiyeleriniz nelerdir?

ChatGPT

Genç elektrik elektronik mühendisleri için aşağıdaki tavsiyeler önemli olabilir:

1. Sürekli Öğrenme: Teknoloji hızla değişiyor, bu

nedenle sürekli öğrenmeye ve güncel kalmaya odaklanın. Yeni teknolojileri, programlama dillerini ve endüstri standartlarını öğrenmek, kariyerinizdeki rekabet avantajınızı artırabilir.

2. Pratik Deneyim: Teorik bilgi kadar pratik deneyim de önemlidir. Laboratuvar çalışmalarına ve projelere katılarak, mühendislik becerilerinizi geliştirebilir ve gerçek dünya sorunlarına nasıl çözüm üreteceğinizi öğrenebilirsiniz.

3. Ağ Kurma: Meslektaşlarınızla, profesyonellerle ve mentorlarla bağlantı kurun. İş dünyasındaki değişiklikleri takip etmek, sektör içindeki

gelişmeleri öğrenmek ve kariyeriniz için fırsatlar yaratmak için bir profesyonel ağa sahip olmak önemlidir.

4. İş Ahlakı ve İletişim Becerileri: İyi bir mühendis olmanın yanı sıra, etkili iletişim kurabilme yeteneği ve güçlü bir iş ahlakına sahip olmak da kariyerinizde sizi ileri taşıyabilir. Projelerdeki takım çalışmalarına aktif olarak katılın ve iletişim becerilerinizi geliştirin.

5. Problem Çözme Yeteneği: Elektrik elektronik mühendisliği genellikle karmaşık sorunların çözülmesini içerir. Analitik düşünme ve problem çözme yeteneklerinizi geliştirmek için çeşitli projelerde yer alın ve zorluklarla yüzleşmekten korkmayın.

6. Yaratıcılık ve İnovasyon:

Yon: Sektörde öne çıkmak için yaratıcı düşünce ve inovasyona odaklanın. Yeni ve benzersiz çözümler bulma yeteneği, sizi rekabet avantajına taşıyabilir.

7. Sertifikasyon ve Eğitim: Alanınızdaki sertifikalara ve eğitimlere katılarak uzmanlık alanlarınızı güçlendirin. Bu, işverenlere uzmanlık düzeyinizi kanıtlamanıza yardımcı olabilir.

8. Kariyer Hedefleri Belirleme: Kariyer hedeflerinizi belirleyin ve bu hedeflere ulaşmak için adımlar atın. Uzun vadeli ve kısa vadeli hedefle-



re sahip olmak, kariyerinizi daha etkili bir şekilde yönlendirmenize yardımcı olabilir.

9. Değişen Teknolojilere Uyum: Elektrik elektronik mühendisliği, hızla değişen bir alan olduğundan, yeni teknolojilere ve trendlere açık olun. Yeniliklere ayak uydurmak, rekabet avantajınızı korumanıza yardımcı olabilir.

10. Kendi Projelerinizi Geliştirme: İlgili olduğunuz alanlarda kendi projelerinizi geliştirin. Bu projeler, portföyünüzü zenginleştirecek ve potansiyel işverenlere veya müşterilere yeteneklerinizi gösterme fırsatı sunacaktır.

4) Elektrik ve elektroniğin geleceği hakkında ne düşünüyorsunuz?

ChatGPT

Elektrik ve elektronik, hızla evrimleşen bir alan olduğu için geleceği tahmin etmek her zaman zorlu bir görevdir. Ancak, mevcut trendler ve gelişmeler ışığında bazı olası yönelimleri düşünebiliriz:

1. Yapay Zeka ve Veri Analitiği: Elektrik ve elektronik sektörü, yapay zeka (YZ) ve veri analitiği gibi gelişmiş teknolojilerin benimsenmesiyle daha akıllı hale geliyor. Bu, enerji verimliliği, otomasyon ve sistem yönetimi gibi alanlarda büyük ilerlemeler sağlayabilir.

2. Yeşil Teknoloji ve Sürdürülebilirlik: Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları ve sürdürülebilirlik, elektrik ve elektronik sektöründe önemli odak noktaları olmaya devam edecektir. Yenilenebilir enerji teknolojileri ve enerji depolama sistemleri gibi alanlarda inovasyonlar bekleniyor.

3. IoT ve Bağlantılı Cihazlar: Nesnelerin İnterneti (IoT), cihazların birbirleriyle ve internetle entegre edildiği bir geleceği işaret ediyor. Bu, akıllı ev sistemleri, akıllı şehirler ve endüstriyel IoT uygulamaları gibi bir dizi yeni uygulama ve hizmetin ortaya çıkmasına neden olabilir.

4. 5G ve Haberleşme Teknolojileri: 5G teknolojisi, yüksek hızlı kablosuz iletişimi mümkün kılacak ve IoT cihazlarının daha etkili bir şekilde bağlanmasını sağlayacaktır. Bu, hızlı veri iletimi, düşük gecikme süreleri ve daha güvenilir bağlantılar anlamına gelir.

5. Yüksek Performanslı Bilgisayarlar: Elektrik ve elektronik, yüksek performanslı bilgisayar sistemleri ve süper bilgisayarlar aracılığıyla daha karmaşık hesaplamalar ve simülasyonlar

yapma kapasitesini artırabilir. Bu, tıp, malzeme bilimi, enerji ve çevre gibi birçok alanda inovasyonu hızlandırabilir.

6. Robotik ve Otomasyon: Elektrik ve elektronik, endüstriyel otomasyon, drone teknolojisi, otonom araçlar ve robotik sistemler gibi alanlarda gelişmeleri destekleyerek iş dünyasını dönüştürebilir.

7. Biyoelektronik ve Tıp Teknolojileri: Elektronik ve biyoloji alanları arasındaki entegrasyon, biyoelektronik olarak adlandırılan bir alana yol açabilir. Bu, implantlar, biyosensörler ve tıbbi cihazlar gibi sağlık teknolojilerinde büyük ilerlemelere yol açabilir.

Bu tahminler genel eğilimlere dayanmaktadır ve sektördeki gelecek gelişmelerin belirsizliği göz önüne alındığında, bu öngörülerin tam olarak nasıl gerçekleşeceğini tahmin etmek zordur. Ancak, elektrik ve elektronik, teknolojinin evrimi ve toplumun ihtiyaçlarına adapte olma yeteneği sayesinde önemli bir etkileşimde bulunmaya devam edecektir.

5) Elektrik ve elektroniğin tarihi gelişimi nasıldır?

ChatGPT

Elektrik ve elektronik, insanlık tarihinde önemli bir evrim geçirmiş, bir dizi keşif, buluş ve gelişme ile şekillenmiştir. İşte elektrik ve elektroniğin tarihsel gelişimindeki bazı önemli kilometre taşları:

1. Antik Yunan Dönemi (M.Ö. 600 - 200): Antik Yunan döneminde, kehribarın (elektron kelimesi buradan gelir) sürtünme ile elektrik yükü kazanabildiği keşfedildi. Bununla birlikte, bu dönemde elektriksel olaylar henüz teorik bir çerçeveye oturtulmamıştı.

2. 19. Yüzyılın Başları (1800'ler): Alessandro Volta tarafından voltaik hücrenin icadı (1800) ve Volta'nın bu icadıyla elektrik akımının devamlı bir kaynağını üretebilmesi, elektrik üretimi ve depolanması konusunda önemli bir adımdı.

3. Elektromanyetizma (1820'ler - 1830'lar): Hans Christian Ørsted, elektrik akımının manyetik alanları nasıl etkilediğini keşfetti. Michael Faraday ise manyetik alanın bir elektrik akımı üretebileceğini gösterdi. Bu, elektromanyetizmanın temelini oluşturdu ve elektromanyetik indüksiyon prensibi geliştirdi.

4. Elektriksel İletişim (19. Yüzyılın Ortaları): Samuel Morse'un icat ettiği telegraf (1837) ve

Alexander Graham Bell'in telefonu (1876), iletişimde elektrik enerjisinin kullanılmasını sağlayarak iletişim teknolojisinin temellerini attı.

5. Elektrik Ampülü (19. Yüzyılın Sonları): Thomas Edison ve Joseph Swan, bağımsız olarak, pratik ve ekonomik olarak kullanılabilir ilk elektrik ampullerini geliştirdi (1879).

6. Alternatif Akım (AC) ve Doğru Akım (DC) Savaşı (19. Yüzyılın Sonları): Nikola Tesla ve George Westinghouse'un öncülüğünde, alternatif akım (AC) sistemi, Thomas Edison'un savunduğu doğru akım (DC) sistemine karşı üstünlük kazandı. Bu, elektrik enerjisinin dağıtımında önemli bir adımdı.

7. Elektronların Keşfi (20. Yüzyılın Başları): J.J. Thomson tarafından elektronun keşfi (1897), elektronikte devrim niteliğindeydi ve elektronik devre tasarımının temellerini atmış oldu.

8. Transistörün İcadı (20. Yüzyılın Ortaları): Bell Laboratuvarları'nda William Shockley, John Bardeen ve Walter Brattain tarafından icat edilen transistör (1947), elektronikteki devrim niteliğindeki bir gelişmeydi. Transistörler, elektronik cihazların küçülmesini, hafiflemesini ve daha güçlü hale gelmesini mümkün kıldı.

9. Mikroçip ve Bilgisayar Devrimi (20. Yüzyılın Sonları): Robert Noyce ve Jack Kilby, entegre devreleri (mikroçipler) icat ederek, bilgisayar teknolojisinin gelişimine öncülük etti. Bu, bilgisayarların küçülmesini ve güçlenmesini sağlayarak dijital çağı başlattı.

10. Günümüzdeki Gelişmeler (21. Yüzyıl): Günümüzde, nanoteknoloji, yapay zeka, fiber optik iletişim, kablosuz teknolojiler ve diğer yenilikler elektrik ve elektronik alanındaki gelişmeleri hızlandırmaktadır. Enerji depolama teknolojileri, yenilenebilir enerji, akıllı şehirler ve IoT gibi konular da büyük önem taşımaktadır.

6) Yeni nesil IGBT transistörler hakkında düşünceleriniz nedir?

ChatGPT

Benim bilgi kesim tarihim Ocak 2022 olduğu için, o tarihten sonraki spesifik gelişmeleri bilmem mümkün değil. Ancak, genel olarak, IGBT (İzole Kapılı Bipolar Transistör) transistörlerindeki gelişmeler, güç elektroniği ve enerji kontrol sistemleri gibi alanlarda önemli etkiler yaratmıştır.

IGBT'ler, yüksek gerilim ve yüksek akım uygulamalarında kullanılan anahtarlama cihazlarıdır.

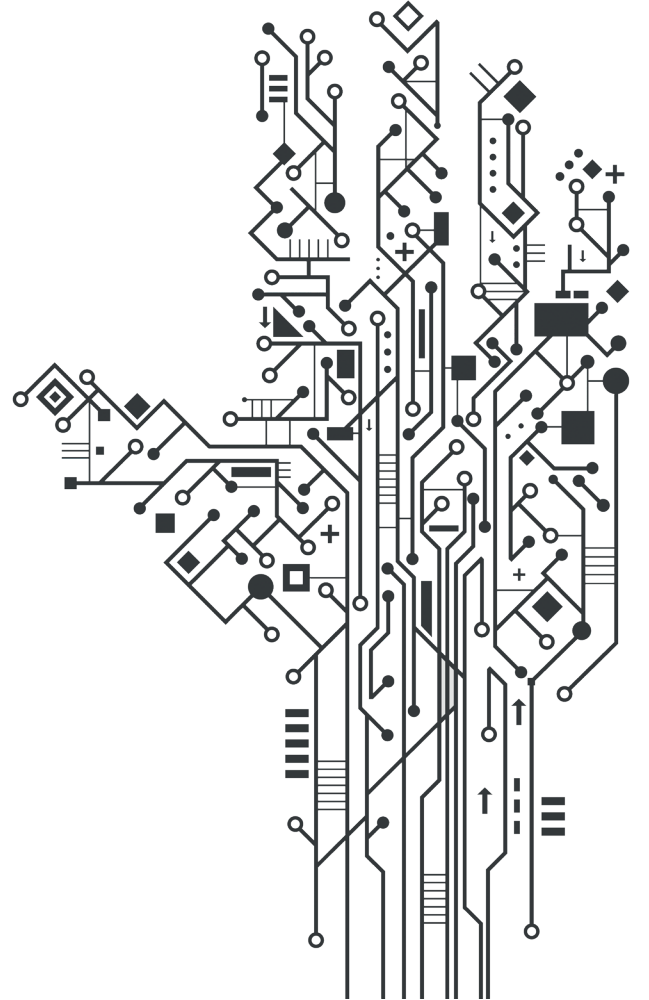
Yüksek enerji verimliliği, hızlı anahtarlama hızları ve dayanıklılık gibi özelliklerle bilinirler. Yeni nesil IGBT transistörleri, aşağıdaki alanlarda gelişmeler sağlamış olabilir:

1. Yüksek Verimlilik: Yeni nesil IGBT'ler, daha yüksek verimlilik seviyelerini hedefleyerek enerji kaynaklarının daha etkili kullanılmasını sağlayabilir. Bu, enerji dönüşüm sistemleri ve güç invertörleri gibi uygulamalarda önemlidir.

2. Yüksek Frekansta Çalışma: Daha hızlı anahtarlama hızları ve yüksek frekanslarda çalışma yetenekleri, IGBT'leri daha geniş bir uygulama yelpazesine taşıyabilir. Bu özellik, güç elektroniği sistemlerinin daha küçük ve daha hafif olmasına olanak tanır.

3. Daha Güçlü ve Dayanıklı Tasarımlar: Yüksek akım ve gerilim uygulamalarında dayanıklılık ve güvenilirlik önemlidir. Yeni nesil IGBT'ler, bu tür zorlu koşullara daha iyi dayanacak şekilde tasarlanabilir.

4. Akıllı Kontrol ve Koruma Özellikleri: İleri seviye IGBT transistörleri, akıllı kontrol ve koruma özellikleri ile donatılabilir. Bu, enerji sistemlerinin daha güvenli ve daha etkili bir şekilde çalışmasına olanak tanır.



5. Entegrasyon ve Küçük Form Faktörler: Yeni nesil IGBT'ler, entegre devrelerde (IC'lerde) daha fazla özellikle bir araya getirilerek sistemlerin daha küçük boyutlarda tasarlanmasına olanak tanıyabilir.

6. Yüksek Çalışma Sıcaklıklarına Direnç: Bazı uygulamalarda yüksek sıcaklık koşullarına dayanabilme özelliği, IGBT'lerin performansını artırabilir ve soğutma sistemlerinin maliyetini azaltabilir.

Bu gelişmeler, endüstriyel güç elektroniği, enerji dönüşümü, sürdürülebilir enerji ve elektrikli taşıma gibi birçok alanda IGBT transistörlerinin daha etkili ve güçlü bir şekilde kullanılmasına olanak tanımaktadır. Ancak, spesifik olarak hangi gelişmelerin yaşandığını değerlendirmek için güncel kaynaklara başvurmanız önemlidir.

7) SiC (Silisyum Karbür) elektronik malzemeleri hakkında düşünceleriniz nelerdir?

ChatGPT

Silisyum Karbür (SiC), geleneksel olarak kullanılan silikon (Si) yarıiletkenlerine kıyasla çeşitli avantajlar sunan bir malzemedir. SiC, elektronik ve güç sistemleri uygulamalarında giderek daha fazla ilgi çekmektedir. İşte SiC elektronik malzemeleri hakkında düşünceler:

1. Yüksek Sıcaklık Dayanımı: SiC, yüksek sıcaklık koşullarında dayanıklılık gösterir. Bu özellik, enerji sistemlerinde ve güç elektroniğinde yüksek performanslı cihazlar için önemlidir.

2. Yüksek Termal İletkenlik: SiC'nin yüksek termal iletim özelliği, cihazların soğutulması ve sıcaklık kontrolü için etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar.

3. Yüksek Elektron Hareketliliği: SiC, yüksek elektron hareketliliği sağlar, bu da daha hızlı anahtarlama hızlarına ve daha yüksek frekanslı uygulamalara olanak tanır. Bu özellik, güç elektroniği cihazlarının daha etkili ve hızlı olmasını sağlar.

4. Düşük İleri Voltaj: SiC yarıiletken cihazlar, geleneksel silikon yarıiletken cihazlara göre daha düşük ileri voltajlarda çalışabilir. Bu, enerji verimliliği açısından avantaj sağlar.

5. Yüksek Akım Taşıma Kapasitesi: SiC, yüksek akım taşıma kapasitesi ile bilinir. Bu özellik, güç elektroniği cihazlarının daha büyük yükleri işleyebilmesini sağlar.

6. Yüksek Mekanik Dayanım: SiC'nin yüksek mekanik dayanımı, dayanıklı ve uzun ömürlü cihazlar üretme potansiyeli sunar.

7. Hafiflik: SiC, hafif bir malzeme olup, özellikle havacılık ve uzay uygulamaları gibi alanlarda avantajlıdır.

8. Yüksek Elektriksel İzolasyon Özellikleri: SiC'nin yüksek dielektrik dayanımı ve iyi elektriksel izolasyon özellikleri, güç elektroniği cihazlarının güvenli ve dayanıklı bir şekilde çalışmasına katkıda bulunur.

Bu özellikler, SiC'nin güç elektroniği, yarıiletken aygıtlar, elektrikli araçlar, enerji dönüşümü ve yüksek frekanslı uygulamalar gibi birçok alanda önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ancak, şu anda üretim maliyetleri hala yüksek olabilir ve endüstriyel benimseme süreci devam etmektedir. Gelecekte, teknolojinin ilerlemesi ve maliyetlerin düşmesiyle birlikte SiC'nin kullanımının daha da yaygınlaşması beklenmektedir.

8) Biyomedikal Mühendislerine tavsiyeleriniz nelerdir?

ChatGPT

Biyomedikal mühendisliği, mühendislik prensiplerini tıp ve biyoloji alanlarıyla birleştirerek sağlık sektöründe inovasyon ve çözümler üreten bir disiplindir. Biyomedikal mühendisleri, tıbbi cihaz tasarımı, biyolojik görüntüleme, biyomalzeme, sağlık bilgi sistemleri ve diğer sağlık teknolojileri üzerine çalışabilirler. İşte biyomedikal mühendislerine yönelik bazı tavsiyeler:

1. Bilgi ve Beceri Geliştirme: Biyomedikal mühendisliği, çok disiplinli bir alan olduğu için geniş bir bilgi yelpazesi gerektirir. Biyoloji, kimya, fizik, matematik ve mühendislik konularında sağlam bir temel edinin. Ayrıca, programlama, modelleme ve analiz gibi mühendislik becerilerinizi geliştirin.

2. Staj ve Pratik Deneyim: Mümkünse, staj veya araştırma projeleri aracılığıyla sektörde pratik deneyim kazanın. Bu, sınıf içinde öğrendiklerinizi gerçek dünya uygulamalarına taşımanıza ve sektördeki gereksinimleri anlamınıza yardımcı olacaktır.

3. Güncel Teknoloji ve Trendleri Takip Edin: Biyomedikal mühendisliği hızla gelişen bir alandır. Yeni teknolojik gelişmeleri ve sektördeki güncel trendleri takip ederek, bilginizi ve becerilerinizi güncel tutun.

4. İletişim Becerilerinizi Geliştirin: Biyomedikal mühendisleri, diğer disiplinlerle sık sık işbirliği yaparlar. İyi iletişim becerileri, projelerde etkili bir şekilde çalışmanıza ve kompleks konuları paylaşmanıza yardımcı olacaktır.

5. Eğitim ve Sertifikasyonları Değerlendirin: Sektörde rekabet avantajınızı artırmak için ileri düzey eğitimlere ve sertifikasyonlara göz atın. Özellikle biyomedikal cihaz yönetmelikleri, kalite güvencesi ve tıbbi etik konularında bilgi sahibi olun.

6. Araştırma ve İnovasyona Odaklanın: Biyomedikal mühendisliği, yeni teknolojilerin ve cihazların geliştirilmesine odaklanan bir alandır. Araştırma ve inovasyon konusundaki ilginizi sürdürerek, sektöre değer katan çözümler sunabilirsiniz.

7. Ağ Kurma: Meslektaşlarınızla, öğrenci ve profesyonel organizasyonlara katılarak ve sektördeki etkinliklere katılarak ağınıza genişletin. Bu, iş bulma fırsatları ve bilgi alışverişi için faydalı olabilir.

8. Etik ve Toplumsal Sorumluluk Bilinci: Biyomedikal mühendisleri, tasarladıkları cihazların insan sağlığı üzerinde doğrudan etkileri olduğu için etik konulara özel bir dikkat göstermelidir. Toplumsal sorumluluk bilinciyle hareket edin ve tasarımlarınızın güvenli ve etik bir şekilde kullanılmasına odaklanın.

9. Sürekli Öğrenme ve Gelişme: Teknoloji ve tıp alanındaki gelişmeler sürekli olarak devam ediyor. Kendinizi sürekli olarak güncel tutun ve yeni bilgi ve teknikleri öğrenmeye açık olun.

Bu tavsiyeler, biyomedikal mühendisleri için kariyerlerini başarılı bir şekilde yönetmelerine ve sektörde etkili bir şekilde çalışmalarına yardımcı olabilir.

9) Biyomedikal mühendisliğinin geleceği hakkındaki düşünceleriniz nelerdir?

ChatGPT

Biyomedikal mühendisliği, hızla gelişen bir alan olup sağlık sektöründe inovasyon ve çözümler üretmektedir. Bu alandaki gelecek, çeşitli faktörlere bağlı olarak şekillenecek olsa da şu ana eğilimler göz önüne alındığında bazı düşünceler şunlar olabilir:

1. Tıbbi Cihazlar ve Teknoloji: Biyomedikal mühendisleri, tıbbi cihazların tasarımı, geliştirilmesi ve iyileştirilmesinde önemli bir rol oynar. Gele-

cekte, daha etkili, taşınabilir, hızlı ve kişiselleştirilmiş tıbbi cihazların geliştirilmesi bekleniyor.

2. Biyomateryaller ve Biyomalzemeler: Biyomateryaller, vücut içinde kullanılabilen materyalleri ifade eder ve bu alandaki gelişmeler, protezler, implantlar ve biyolojik uyumluluk açısından daha başarılı malzemelerin tasarımını içerebilir.

3. Genomik ve Biyoteknoloji: Genomik araştırmalar ve biyoteknoloji, bireylerin genetik profillerine dayalı tedavilere ve kişiselleştirilmiş tıbbi çözümlere olanak tanıyabilir. Biyomedikal mühendisleri, bu alanlarda ilerlemelerle birlikte çalışarak yenilikçi çözümler sunabilir.

4. Dijital Sağlık ve Sağlık Bilgi Sistemleri: Dijital sağlık teknolojileri, sağlık kayıtlarının dijitalleştirilmesi, tele sağlık uygulamaları ve yapay zeka tabanlı teşhis sistemleri gibi alanlarda büyük bir potansiyel taşır. Biyomedikal mühendisleri, bu teknolojilerin geliştirilmesinde ve uygulanmasında etkin bir rol oynayabilir.

5. Nöroteknoloji: Sinir bilimleri ve mühendisliği alanlarındaki ilerlemeler, nöroteknolojiyi ortaya çıkarmıştır. Bu, sinir sistemi bozukluklarına yönelik tedaviler, yapay sinir ağları ve beyin-makine arayüzleri gibi uygulamalara olanak tanır.

6. Hücresel ve Doku Mühendisliği: Hücresel ve doku mühendisliği, hasar görmüş dokuların onarımı ve yeniden inşası için kullanılabilir. Biyomedikal mühendisleri, bu alanda biyolojik materyallerin ve yapay doku yapılarının geliştirilmesine katkıda bulunabilir.

7. Nano-Teknoloji ve Mikrosistemler: Nano-teknoloji, biyomedikal alanda moleküler düzeyde çalışmaları mümkün kılar. Bu, nano-malzemelerin ve mikrosistemlerin kullanılmasıyla daha hassas teşhis ve tedavi yöntemlerinin ortaya çıkmasına neden olabilir.

8. Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi: Yapay zeka, medikal görüntüleme analizi, teşhis yardım sistemleri, ilaç tasarımı ve hasta takibi gibi birçok alanda biyomedikal mühendisliğine entegre edilebilir.

Bu noktalara ek olarak, biyomedikal mühendisliği, yaşlanan nüfus, kronik hastalıkların artışı ve sağlık hizmetlerine artan talep gibi küresel sağlık zorluklarına yönelik çözümler sunmaya devam edecektir. Gelecekteki başarı, bu alanda çalışan profesyonellerin çok disiplinli işbirliği, etik sorumluluklar, hızlı adaptasyon ve sürekli öğrenme kapasitelerine dayanacaktır.

HİDROJEN YAKIT HÜCRESİNDEN SOFC TEKNOLOJİSİNE GEÇİŞ

Cemalettin UĞUZ - Elektrik-Elektronik Mühendisi

cemalettin.uguz@emo.org.tr

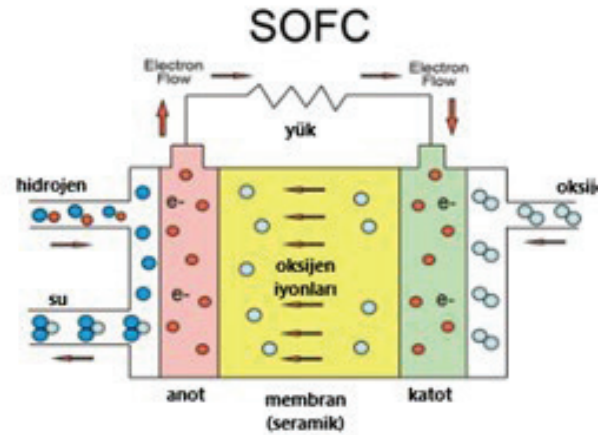
Hidrojen yakıt hücresi temel mantığı hazır hidrojen yakıtını yakıt hücresinin anot bölümüne koyup membranda hidrojen iyonlarının katot tarafına süzülerek geçmesi katot tarafından uygulanan oksijen iyonlarıyla etkileşen iyonların H₂O yani su oluşturup buhar olarak veya su olarak dışarı atılmasıdır. Anot tarafındaki ayrılan hidrojen negatif iyonları elektriksel döngüye girerek elektrik üretir peki bu işler SOFC teknolojisinde nasıl çalışıyor gelin biraz detaya inelim.

SOFC yani Solid Oxide Fuel Cell. Katı oksit yakıt hücresi. Hidrojen yakıt hücresi mantığında, yine hidrojenle çalışıyor ama PEM'de yani normal hidrojen yakıt hücresinde hazır hidrojen gerekirken bunda hazır hidrojene gerek yoktur; mesela amonyak verelim anot tarafına amonyak bildiğimiz gibi NH₃ yani 1 azot 3 hidrojen SOFC'e doğrudan amonyak verirsiniz o içindeki hidrojenleri kendi ayrıştırıp anot'a iletir peki bu beceriyi nasıl sağlar? tabii ki yüksek ısıyla.

Hidrojen yakıt hücreleri 50-110 derece sıcaklık aralığında çalışırken SOFC 800 hatta 1000 derecelere kadar normal çalışma sıcaklığında çalışır. Bu da içinde hidrojen olan herhangi bir bileşiği anot tarafına dahil ederken hidrojeni ayrıştırma da bize yardımcı olur; peki sadece PEM'den farkı bu mudur SOFC'in ? Hayır ama temel mantığı çok benzer önemli bir farkı daha vardır.

PEM'de su katot tarafında oluşur SOFC'de anot tarafında oluşur. PEM anottan katoda hidrojen iyonları transfer edip katotta oksijenle su oluştururken SOFC membranda oksijen iyonu yollar. Oksijen ise anottan girişi yapılan hidrojen iyonlarıyla birleşip su oluşturur. Yüksek ısıda bunu yapabilmek için malzemelerin dayanımı yüksek olmalıdır. Membran PEM'de hassas çok özellikli gözenekli susuz uzun süre dayanamayan bir malzeme yüksek ısıya asla dayanamaz. SOFC için böyle bir membran yerine seramik membran tercih edilmiştir ve katı yakıt hücresi teknolo-

lojisinin gelişimindeki espri bu seramik membranın geliştirilmesidir. Her ne kadar hidrojen yakıt hücreleri üzerinde çok duruluyor gibi görülse de dünyada SOFC teknoloji yarışı çoktan başlamış durumda.



Küresel Katı Oksit Yakıt Hücresi (SOFC) pazarı 2024 yılında 2,04 milyar USD değerinde olup, 2025'te 2,53 milyar USD değerinde olması ve 2032 yılına kadar 12,55 milyar USD'ye ulaşması öngörülmüyor; tahmin döneminde yıllık büyüme oranı %25,72 olarak görülmüyor. Asya Pasifik, 2024 yılında %44,61 payla katı oksit yakıt hücresi pazarına hakim oldu. (*fortunebusinessinsights*)

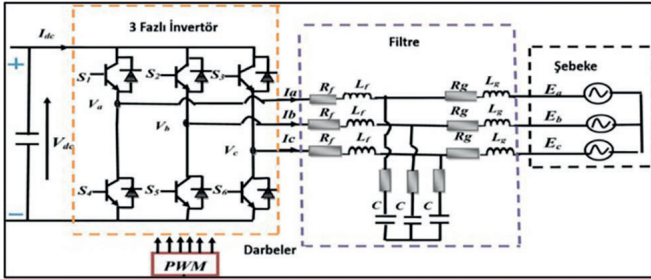
SOFC teknolojisi şu an için yüksek enerji ihtiyacı gereken gemiler trenler enerji kesintisinin sorun olacağı alternatif yenilenebilir enerji sistemlerine yatırım yapan dev firmaları ilgilendiriyor gibi görünse de fosil yakıtlarının öneminin yüzdelik dilimde git gide azaldığı bu dönemde ülke olarak gözden kaçırmamamız gereken bir konu. Ayrıca yüksek ısı ile çalışan bu sistemin ürettiği atık ısı ile yakıt hücresinin verimi %25 kadar daha artıyor bu da demek oluyor ki %60 verimlilikle çalışan bir cihaz neredeyse %85 ile geleceğin yüksek güç tüketen fabrikalarının gözdesi olmak için önemli bir aday.

ENTERKONNEKTE ŞEBEKE ÇÖKÜŞLERİNDEKİ İNVERTÖRLERİN ROLÜ

Dr. Turan ÇAKIL - Elektrik-Elektronik Yüksek Mühendisi

turancakil23@gmail.com

Günümüzde güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması, invertör temelli kaynakların (IBR) elektrik şebekesindeki payını artırmaktadır. Şebekeye bağlı (on-grid) invertörler, klasik senkron jeneratörlerden farklı olarak elektromekanik atalet özelliği (H sabiti) yok ya da çok az olduğundan, şebekenin dinamik yanıtını doğrudan yazılım kontrolü ile sağlarlar. Bu durum, sistem kararlılığı, frekans ve gerilim kontrolü, kısa devre akımı seviyesi, koruma sistemleri ve güç kalitesi gibi alanlarda yeni sorunlara neden olmaktadır. Bu teknik yazıda, IEEE ve CIGRÉ standartlarına ve güncel literatüre göre invertör temelli kaynakların belirli parametreler üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Şekil 1 'de şebekeye bağlı invertör yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1. Şebekeye bağlı PV sistemlerde invertör yapısı (on-grid)

Sistem Kararlılığına Etkileri

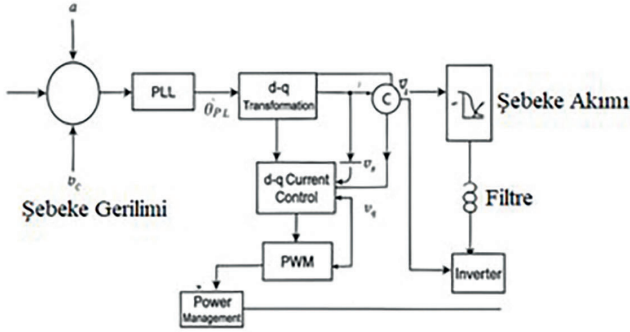
Senkron makinelerin temel özelliği, yüksek dönme ataleti (inertia) sağlamak ve elektrik sisteminde frekans ve voltaj değişimlerini azaltmaktır. Son yıllarda invertörlerin yaygınlaşması, sistem ataletinin azalmasına ve “şebeke gücünün” zayıflamasına neden olmuştur. CIGRÉ’ye göre, şebekede güç sağlayan en önemli unsur senkron makinelerdir. Başlangıçta invertör tabanlı kaynaklar (IBR), sistem üzerinde olumsuz etkiler doğurmaktaydı. Ancak daha yeni ileri kontrol teknikleri, bunu düzeltebilmektedir. Atalet azalmasının sonucu olarak, frekans değişimleri için mekanik enerji kaybı yaşandığı için

frekans istikrarını zayıflatırabilir. Ayrıca şebeke gücünün azalması, küçük titreşimler ve geçici kararsızlıklar oluşturabilir. Zayıf güç koşullarında invertörlerin arızadan sonra düzelme hızları, senkron makinelerinkinden daha az sönümlü olabilmektedir. Örneğin, düşük sistem gücü durumunda invertörlerde görülen geçici dalgalanmalar, kısa süreli parlama limitlerini (flicker) aşabilir. Ayrıca çok sayıda invertörün uzakta bir araya gelmesi, harmonik titreşimleri artırabilir ve şebeke üzerinde rezonans riskini artıracaktır. Bütün bu sorunlar, genel olarak “düşük sistem gücü” durumunu işaret eder. Bu durumda sistem istikrarı, koruma sistemlerinin düzgün çalışması ve güç kalitesi için son derece kritik tehlike olarak görülmektedir.

Grid-Takip (GFL) ve Grid-Oluşturan (GFM) Invertörler

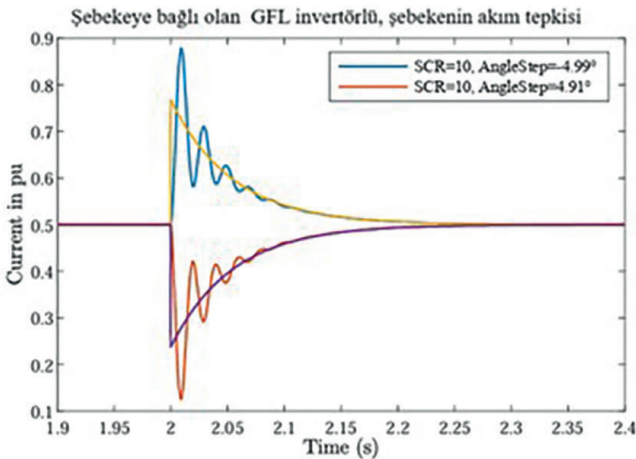
Modern şebekelerde çoğunlukla grid-following (GFL) tipi invertörler kullanılmaktadır. Bu tür invertörler, şebeke gerilimini algılayarak kendi çıkış akımını senkronize eder ve aktif ya da reaktif güç akışını akım kontrolüyle ayarlar. GFL invertörleri doğal olarak bir şebeke rejimi oluşturamaz; sadece şebekenin frekans ve gerilimini takip eder ve uyumsuzluk çıkarsa kendini devre dışı bırakır. Bu devre dışı çıkmada şebekede bir transient olay oluşturur ve şebekeye kısmen etki etmektedir. Kontrol şeması, bir faz kilidi döngüsü (PLL) kullanarak şebeke frekans açısını belirler ve d-q referans sisteminde iki adet PI denetleyicisiyle d ve q eksenlerindeki akımları denetler. Şekil 2’de görüldüğü gibi GFL invertör, şebeke genliği/frekansını oluşturan değil takip eden bir kaynak gibi davranır. Bu nedenle şebeke kısa devre gücü azaldığında GFL invertörler kontrol zorlukları yaşar ve sistem kararlılığını olumsuz etkileyebilir. Bu sebeple “şebeke gücünü” azaldıkça, sistem stabilitesini sağlamak için grid-oluşturan (GFM) invertörlere yönelik çalışmalar gündeme gelmiştir. GFM invertörler, senkron jeneratör benzeri şekilde kendi başına gerilim ve frekans referansı oluşturan (ayarla-

nabilir salınım üretici) cihazlardır. GFM invertörler, şebeke zayıfken bile gerilim/frekansı düzenler ve sentetik atalet desteği sunar.



Şekil 2. Grid-takip (GFL) invertör kontrol diyagramı. Şebeke referansına (PLL) dayalı senkronizasyon ve d-q akım kontrolü ile aktif/reaktif güç yönetimi

Bir çalışmada belirtildiği üzere: “GFM invertörler şebeke gerilimini ve frekansını aktif olarak düzenler, atalet desteği sağlar ve çok zayıf şebeke koşullarında bile kararlı çalışmayı sürdürebilir.” Bu özellikleri, yüksek IBR penetrasyonu durumunda sistem stabilitesine katkı sağlar. Ancak GFM invertörlerin kontrol parametreleri titizlikle ayarlanmalıdır; çünkü çok sayıda GFM invertörün birlikte dengeli çalışması karmaşık senkronizasyon konfigürasyonları gerektirir. Şekil 3’te GFL invertörlerinin kullanılması sonucu şebekenin aç farkından oluşan akıma tepkisi gösterilmiştir. GFL invertörlerinin uygulanması osilasyonları ani tepkilerle önemli ölçüde azaltır; ENTSO-E bu yüzden GFM fonksiyonlarını tavsiye etmekte ve uyum testlerini önermektedir.



Şekil 3. Açı farkından dolayı oluşan GFL invertörlü şebekenin akım tepkisi

Frekans Kontrolü ve Cevabı

Sistemdeki toplam atalet azaldıkça, frekans değişimlerine karşı sistemin verdiği tepki zayıflar. Bu yüzden IBR’lerin (Inverter-Based Resources) aktif güç ve frekans kontrolü kritik hale gelmiştir. IEEE 1547-2018 ve NERC kılavuzları, IBR’lerin birincil frekans kontrolüne (droop) sahip olmalarını öngörür. NERC performans kılavuzuna göre, IBR tabanlı santrallerde aktif güç ve frekans kontrolü, %5 droop ve hem alçak hem de yüksek frekanslara karşı tepki gibi özelliklerle uygulanmalıdır. Bu nedenle, frekans düşerken invertörün aktif gücünü artırmak ve frekans artarken ise azaltmak gerekir. Kontrol sisteminde ölübant (deadband) bulunuyorsa, bu ayarlanabilir ve mümkünse çok dar yapılmalıdır. Temel olarak, IBR’ler mekanik bir eşik gibi bir yapı olmadan elektronik kontroller sayesinde droop davranışı gösterirler. Ayrıca sentetik inertia kavramı geliştirilmiştir. Sentetik inertia IBR’nin ani frekans değişimlerinde kısa süreli olarak (bir-iki saniye) ekstra güç sağlamaya çalışmasını sağlar. Bu sayede büyük bir üretim tesisi kesildiğinde, ilk frekans düşüşünün etkisi hafifletilir. Ancak bu geçici ek güç, uzun süre sürmeyecek çünkü invertörün güç kaynağı (örneğin rüzgâr türbini veya batarya) sınırlı bir kapasiteye sahiptir. Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda, sentetik inertia uygulamalarının kontrol filtre ayarlarına bağlı olarak sistem stabilitesine karışık etkileri olabileceğini ortaya koymuştur. Örneğin bazı çalışmalarda, sentetik inertia sağlayan filtre parametreleri arttıkça sistem kararlılığının azaldığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden frekans kontrol stratejileri tasarlanırken hem gecikme ve filtreleme hem de atalet katkısı dengelenmelidir. ABD’deki güvenilirlik düzenlemeleri (FERC maddesinin 842.) uyarınca, büyük iletim sistemi düzeyinde çalışan IBR’lerin birincil frekans tepkisi vermesi zorunludur. Bu kapsamda NERC kılavuzuna göre santraller, işletme koşullarına bağlı olarak aktif frekans kontrol kabiliyetini kullanmalıdır. Uygulamada, bazı bölgelerde santraller “asgari droop”, “sentetik inertia” veya “oranlı frekans katılım (LFSM-O)” modlarında çalışacak şekilde konfigüre edilmektedir. Bu işlevler, şebekeye frekans istikrarını destekleyecek ek dinamik özellikler kazandırır.

Gerilim Kontrolüne Etkisi

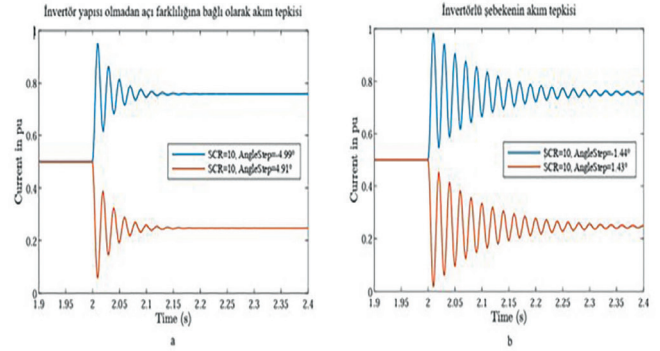
Güç şebekelerinde gerilim kontrolü genellikle senkron jeneratörlerin otomatik voltaj regü-

lasyon (AVR) sistemleri ile yapılması yaygındır. İnvertör tabanlı kaynaklar (IBR'ler) ise reaktif güç kontrolü sayesinde gerilime destek olmalıdır. IEEE 1547-2018 standardı, IBR'lerin belirli gerilim sınırlarında reaktif güç vermesini (volt-var modülleri) ve gerilim sabitliğini korumasını sağlayacak şekilde düzenlemiştir. NERC kılavuzu ise IBR'lerin, senkron jeneratörler gibi kapalı döngü otomatik voltaj kontrol modunda çalışarak sistemin planlanmış gerilimini korumaları gerektiğini vurgular. Yani, invertörün üzerindeki gerilim sürekli ölçülerek, istenen değerden farklılık varsa uygun reaktif akım verilir. Birden fazla IBR aynı noktadan gerilim kontrolü yaparken reaktif güç droop paylaşımı önerilmektedir. Bu durumda her bir kaynak, gerilimin nominal değere göre saptığını ölçerek kendi reaktif akımını ayarlayarak ortak kontrol sağlar. NERC örneğinde, gerilim %0.95–1.05 aralığında %10 değişirse, bu yaklaşık %5 droop karakteristiğine denk gelmektedir. Uygulamada bu, IBR'lerin Volt/VAR kontrollerini (düşey eğri konfigürasyonu) ve voltaj tabanlı kontrol modlarını ayarlayarak ortak Volt/VAR yönetimi yapmaları gerektiğini göstermektedir. Özellikle voltaj düşüşü (örneğin kısa devre sırasında) veya artışı yaşıyorsa invertörler, reaktif gücün etkisinde devre dışı kalmaması şeklinde ayarlanmalıdır. Kısacası, IBR'ler gerilim kontrolünde senkron jeneratörlere benzer şekilde davranmalı; otomatik volt-var kontrol modunda kalarak sistem gerilimini stabilize etmeli ve gerekirse güç katılımını ayarlamalıdır. Bu yetenekler uygun ayarlarla ve diğer sistemlerle uyum içinde çalıştırıldığında, birçok IBR içeren şebekelerde gerilim kontrolü sürdürülebilir hale gelir.

Kısa Devre Akımına Etkisi

İnvertör tabanlı kaynakların kısa devre akımı karakteristiği, senkron makinalardan ciddi şekilde farklıdır. Klasik senkron jeneratörler, ani kısa devre durumunda nominal akımlarının 6-10 katını (veya fazlasını) uzun süre sağlayabilirler. Buna karşılık IBR'ler genellikle güç elektroniği anahtarlarının termik sınırlamaları nedeniyle kısa devre akımını yaklaşık 1,1-1,5 pu (baz değerlerine göre) ile sınırlanır. Deneysel olarak, IBR çıkış akımı kısa süreli bir pik yapabilir (μ s mertebesinde 2,0 pu'yu aşabilir) ama sonra iç kontrol döngüsüyle hızla düşer. Bu, invertör akımlarının birkaç yüz milisaniye içinde gerilim sınırlamasına ya da kontrol katına sabitlenmesi anlamına gelir. Nitekim bir çalışmada %100 invertör pe-

netrasyonu olan bir şebekede, dağıtım koruma cihazlarından geçen kısa devre akımının %10'u aşan değişimler gözlenmiştir. Bu tür senaryolarda koruma koordinasyonu bozulur. Literatürde korumanın sağlıklı devamı için invertörlerin kısa devre akımını geçici olarak 1,2 pu veya 2,0 pu seviyelerinde vermesini önermişlerdir. Şekil 4'te invertör olmayan ve invertör olan bir şebekede akım değişimi marjı gösterilmiştir.



Şekil 4. (a) Şebeke voltaj açısındaki değişiklikten kaynaklanan $\pm\%25$ 'lik akımın zamana tepkisi (b) Aynı durum sebebiyle invertörlü şebekenin akıma tepkisi

Bu öneri, röle ayarlarını güncellemeden doğrudan korumayı sağlayabilmek içindir. Sonuç olarak, invertör kaynağının kısa devre davranışı "akım kaynağı" gibidir ve akım sınırlıdır. Kısa devre durumunda invertörler öncelikle DC besleme gerilimini korumaya çalışır; bu da SCC'nin (symmetrical short-circuit current) sınırlanması demektir. Şebeke planlama ve koruma analizlerinde IBR'in bu davranışı doğru modellerle hesaba katılmalıdır. Aksi takdirde, beklenenden düşük akım nedeniyle kusurlu bölgeyi tespit eden röleler çalışmayabilir veya gereğinden geç devre açabilir. Ayrıca 1547-2018 gibi güncel standartlar, IBR'lerin gerilim/frekans varyasyonlarına dayanıklı olup güç takviyesi yapmasını şart koşarken, aynı zamanda akım katkısının sınırlandırıldığı durumların da dikkate alınmasını gerektirir.

Koruma Sistemleriyle Etkileşimi

İnvertör tabanlı kaynaklar şebeke koruma cihazlarını farklı şekillerde etkiler. Yukarıda belirtildiği gibi, IBR'ler kısa devre anında yüksek akım vermedikleri için akım bazlı rölelerde şebekenin geleneksel davranış modelini bozarlar. Düşük akım seviyesi; akım rölelerinin "görme mesafesini" kısaltır veya duyarsızlaştırır. Ayrıca birden

fazla IBR' nin arızalı noktaya katkısı eşzamanlı ise, koordinasyonlu açma zamanları yeniden ayarlanmalıdır. Aksi halde şu problemler gözlemlenir.

Koruma Koordinasyonunun Bozulması: IBR' ler fazla akım vermeyebileceği için ana pano veya hat korumaları kusur akımını yeterince göremeyebilir. Bu durum, koruma cihazları arası zaman aralığı (CTI) ayarlarını değiştirmeyi gerektirir.

Yanlış veya Eşzamanlı Atma: Düşük akımda bazı röleler kör kalırken, hızlı tükenen akım nedeniyle diğer hatlardaki röleler yanlışlıkla devreyi kesebilir (sympathetic trip). Böylece bir hata geniş bir alanı etkileyebilir.

Sigorta Davranışı: Enerji dağıtım sigortaları, inverter akımı düşük olduğunda yanıt vermeyebilir veya beklenenden geç atabilir. Bu hem faz kaybı hem de sigorta kaybında farklı senaryolar yaratır.

Yük Akımı ve Görev: IBR yüklü durumdaki bayilerde yük akımı değiştiğinde sensörler yanlış okuma yapabilir. Bu nedenle röle hassasiyeti de yük profiline göre yeniden ele alınmalıdır.

Kısacası, IBR'lerin farklı kısa devre davranışı, mevcut koruma şemalarını aksatır. Geleneksel zaman-gecikmeli aşırı akım rölesi (OC, OC/ANSI 50/51) artık hatalı bölgeyi güvenilir bir şekilde yakalayamayabilir. Buna karşılık, gerilim-temelli (under/over-voltage) ve sempoinal (differential, distance) koruma algılayıcıları farklı etkilenebilir. CIGRÉ literatüründe vurgulandığı gibi, şebeke operatörleri artık IBR için özel koruma stratejileri geliştirmelidir. Örneğin koruma ayarlarında daha düşük eşik akımları, gerilim dalgalanmasına dayalı koruma tetiklemeleri veya hızlı bilgisayarlı kilitleme mantıkları kullanılabilir. Bazı ülkelerde ise IBR'lerin yoğun kullanıldığı bölgelerde sistem güçlülüğünü artırmak üzere senkron kondansatör (SC) veya batarya destekli "hiper-enjektör" gibi çözümler devreye alınmaktadır.

Güç Kalitesi ve Harmonikler Üzerine Etkisi

Invertörler yüksek güçlü anahtar (IGBT veya silikon karbür) devreleri ile DC-AC dönüşüm yaptığı için doğal olarak şebekeye harmonik bileşenler enjekte eder. Modern tasarımlarda çıkış filtresi (LCL vb.) ile bu etkiler büyük ölçüde bastırılrsa da bazı harmonikler kalır. CIGRÉ' ye göre, çok sa-

yıda IBR' nin bağlandığı zayıf şebeke bölgeleri, özellikle alçak katlı harmonik emisyonu ve rezonans riskini artırır. Örneğin, uzak bir trafonun yakınında rezonans frekansı düşük olabileceği için invertör çıkışındaki (5., 7., 11. vb.) harmonikler gerilimde aşırı tepki yaratabilir. Bu güç kalitesinde bozulma ve ekipman aşırı ısınması gibi sorunlara yol açar. Güç kalitesi standartları bu riske karşı önlemler içerir. IEEE 519-2014 gibi uygulamalı standartlar, iletim şebekesinde Toplam Harmonik Distorsiyon (THD) sınırlarını belirler. Örneğin "pointe of common coupling" noktasında voltaj THD genellikle %5'in altında tutulmalıdır (şebeke gücüne göre değişen limitlerle). Ayrıca IEEE 1547-2018, her invertör cihazı için toplam harmonik ve inter-harmonik distorsiyonun %5'i geçmemesini şart koşar. Bu, IBR'lerin sisteme yararlı olarak harmonik salınımını minimize etmesi anlamına gelir. Pratikte bu gereklilik, inverterin çıkışına pasif veya aktif filtre yerleştirme, çoklu seviyeli yapılar kullanma veya anahtar geçiş stratejilerini optimize etme şeklinde karşılanır. Sonuç olarak, IBR'ler güç kalitesi açısından dikkat gerektirir: Filtre tasarımı, kontrol algoritmaları ve şebeke rezonans analizleri ile harmonik distorsiyonun yol açabileceği olumsuz etkiler asgariye indirilmelidir. Şebeke kodları ve standartlar bu konuda rehberlik eder (Örneğin IEEE-519 std., IEEE-1547 std.), ancak uygulayıcılar sahada test ve ölçümle bu uyumluluğu doğrulamalıdır.

Tablo. 1. Dengeli Sistemdeki Tanımlar çerçevesinde konveksiyonel sistemlerle-invertörlü sistemlerin karşılaştırılması

Sistem Operatörü İçin Kritik Yapılar	Senkron Jeneratör	Invertör Tabanlı Kaynak (IBR)
Atalet (inertia)	Yüksek (rotor kinetik enerjisi)	Çok düşük/yok (atalet sentetik kontrol tarafından sağlanır)
Frekans tepkisi	Doğal droop (türbin valfi)	Ayarlanabilir droop, sentetik inertia
Gerilim kontrolü	AVR (otomatik)	Volt-VAR/Volt-Watt modları ile statik reaktif kontrol (gerilim regülasyonu)
Kısa devre akımı (SC)	Çok yüksek (tipik ~5-10 pu)	Sınırlı (~1.1-1.5 pu), hızlıca düşen tepki

Harmonik emisyonu	Düşük (sinüzoidal)	Göreceli yüksek (anahtar geçişleri); filtreleme gerekir
Şebeke gücü katkısı	Pozitif (sistem gücü yüksek)	Başlangıçta negatif (zayıflama), yeni kontrol ile iyileşme
Dengesizlik/rezonans riski	Düşük	Yüksek (zayıf şebekede çoklu IBR rezonans, flicker)
Koruma ile uyumluluk	Öngörülebilir (yüksek SC akım)	Özellikle kısa devrede farklı; koruma şemaları yeniden düzenlenmeli

Tablodaki durumlar genel eğilimleri göstermektedir; örneğin kısa devre akımı oranları, kaynağa ve şebeke koşullarına bağlı olarak (empedans etkisi) değişebilir.

Sonuçlar

İnvertör temelli kaynaklar, enterkonnekte şebekelere entegre edildiğinde sistem kararlılığından güç kalitesine kadar birçok farklı etkiye neden olmaktadır. İnvertörlerin atalet sorunu, güç elektroniği yapısı ve kontrol sistemleri, klasik senkron şebekelere göre farklı dinamikler yaratmaktadır. IEEE 1547-2018, IEEE 519, NERC ve CIGRÉ gibi uluslararası standartlar ve rehberler, bu yeni durumun gerektirdiği performans kriterlerini belirlerken, invertör tabanlı kaynakların frekans ve gerilim kontrolüne, arıza dayanıklılığına ve harmonik yayılımına etki etmelerini şart koşmaktadır. Bu teknik yazıda, invertörlerin sistem kararlılığı, frekans ve gerilim değişimleri, kısa devre akımındaki değişimler, koruma sistemleri ile etkileşimleri ve güç kalitesine etkileri akademik kaynaklar ve teknik standartlar ışığında incelenmiştir. Tabi ki sonuç olarak gelişen akıllı şebekelerde invertör cihazlarının da kullanılması gözden çıkarılmamalıdır. Ancak yüksek güvenli ve mühendislik temeli güçlü devre tasarımı ve yapısının temel mantığı olan IGBT anahtar yapısında kullanılan yarı iletken maddelerin kaliteli elementlerden oluşması önemlidir. İnvertör cihazlarının da enterkonnekte sistemlere gelecekte olumlu katkı sağlayacakları öngörülebilir. Elde edilen sonuçlar, elektrik mühendisleri ve sistem operatörü olarak çalış

şan mühendislerin, invertör tabanlı yenilenebilir enerji kaynakları (IBR) entegrasyonu sırasında dikkat etmesi gereken temel noktaları vurgulamaktadır. Sonuç olarak, çok fazla IBR kullanılan sistemlerde güvenli bir şekilde çalışabilmek için hem ileri inverter kontrol yöntemi (sentetik inertia, şebeke formu oluşturma) hem de şebeke desteğine yönelik tedbirler (senkron kondansatör, gelişmiş koruma sistemleri) birlikte değerlendirilmelidir.

Kaynakça

1. CIGRÉ SC C4 "System Strength" articles
2. IEEE Std. 1547-2018 (Inverter interconnection performance) ve NERC IBR Performans Rehberi
3. C. Vargas vd., Energies, 2023 (IBR kısa devre akım modeli)
4. M.C. Vargas vd., Energies, 2023 (Koruma koordinasyonu ile ilgili bulgular)
5. X. Niu vd., Sustainability, 2025 (GFL/GFM karışık sistem stabilitesi)
6. Imperix Teknik Notları (GFL inverter kontrolü, İbrahim vd., Imperix Grid-Forming Ürün Notu, 2024 (Grid-forming kontrol çeşitleri)
7. DMX Power Blog (IEEE 519/1547 harmonik kılavuzu) (Erişim tarihi: 2025)
8. X. Niu, Q. Mou, X. Li, G. Lu, "Small Signal Stability Analysis of GFM and GFL Inverters Hybrid System with Three Typical Grid Topology Structures," Sustainability, vol. 17, no. 11, p. 5137, 2025.
9. Y. Kim, T. Zhu, R. Lasseter, et al., "Stability Analysis of Power Systems with High Penetration of State-of-the-Art Inverter Technologies," Energies, vol. 18, no. 7, p. 3645, 2025.
10. L. D. Pabón Ospina, D. Ramasubramanian, "Grid-Forming and Grid-Following inverters: a dynamic performance evaluation using RMS, EMT and small-signal analysis," CIGRÉ Science & Engineering, Issue 37, June 2025.
11. J. Keller, B. Kroposki, "Understanding Fault Characteristics of Inverter-Based Distributed Energy Resources," NREL Tech. Report TR-5500-51697, 2010.
12. P. Denholm, T. Mai, R. W. Kenyon, B. Kroposki, M. O'Malley, Inertia and the Power Grid: A Guide Without the Spin, NREL/TP-6A20-73856, May 2020.
13. R. M. Margolis (Ed.), "Impact of IEEE 1547 Standard on Smart Inverters and Applications in Power Systems," NREL Rep. NREL/TP-5D00-71507, 2018.
14. IEEE Standard 1547™-2018, "IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces."
15. IEEE Std 519™-2014, "IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems."
16. Enterkonnekte İletim Şebekelerinde Sistem Kararsızlığı Perspektifinde İber Yarımadası Enerji Kesintisi Analiz Raporu, Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, İber Yarımadası Sistem Çökmesi Çalışma Grubu, 2025.
17. Entso-E Grid Forming Capability Of Power Park Modules, 2024.
18. Karima Boutaghane, Nedjoua Bennecib, Mohamed Benidir, Habib Benbouhenni, İlhami Colak, Performance enhancement of a three-phase grid-connected PV inverter system using fractional-order integral sliding mode controls, Energy Reports, Volume 11, 2024.
19. Liu Chenruigang, Fu Lijun, Hu Qi, Lin Yunfeng, Ma Yanhong, Analysis of high-frequency oscillation mechanism of inverter with motor load based on series resonance, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 169, 2025.

YAZI DİZİSİ ELEKTRONİK LABORATUVAR EKİPMANLARI VE KULLANIMLARI -6

EMPEDANS TEST CİHAZI KULLANIMI

Önder ŞİŞER - Elektronik Yüksek Mühendisi
onder@reelektronik.com

1. EMPEDANS EĞRİLERİ İLE ELEKTRONİK MALZEMELERİN TEST EDİLMELERİ

Dünyada elektronik kart tamiri ve malzeme test konusunda en fazla tercih edilen test cihazlarından biri empedans test cihazlarıdır. Ohm kanunundan bilindiği gibi Voltaj / Akım oranı, direnci verir. Kondansatör ve bobin gibi direnç değeri frekansa göre değişen elektronik malzemeler direnç kavramına dahil edilirse, genel ismi 'empedans' olur. Elektronik tüm malzemelerin empedans karakteristik eğrisi bulunur. Empedans test yerine, Voltaj/Akım oranına kısaca VI da denir. Bazı kaynaklarda; Empedans test, ASA (Analog Signature Analysis- Analog Sinyal Analizi) testi de denir, hepsi aynıdır. Yazımızda kısaca VI test ifadesini kullanacağız.

Empedans eğrileri ile arıza belirlemeye akademik yaklaşım şudur; **'bir elektronik malzemenin empedans karakteristiği bozulmuş ise malzeme bozulmuştur'**. Ülkemizde üretilen TFT ekranlı VI test cihazı olan EFL VI Tester-TFT Resim 1'de görülmektedir. 4 adet test kademesi mevcuttur. Kullanım esnasında tüm test kademeleri sıra ile tarayan 'Cycle' (döngü) özelliği ve 'Cycle speed' döngü hızı bulunmaktadır. A/B tuşuna basıldığında tek kanal ve iki kanal arasında geçiş yapılır. 'Freq' tuşuna basıldığında test frekansı 2 KHz. 'e çıkar. 'Lock' tuşu ile cycle test esnasında istenmeyen bazı test kademelerinin kapatılmasını sağlar. ESD bileklik takılması için soketi cihaz üzerinde bulunur. A kanalı, B kanalı ve COM (Common-Ortak) soketleri mevcuttur.

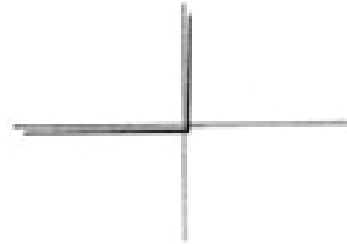


Resim 1. EFL VI Tester-TFT cihazı görüntüsü.

En temel VI eğrileri Şekil 1'de verilmektedir. Bu VI eğrilerinde; yatay eksen gerilim, dikey eksen ise akım eksenidir.



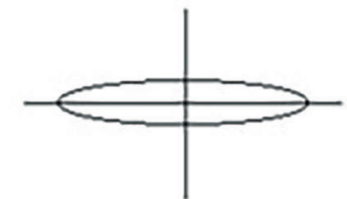
Sağlam direnç empedans eğrisi



Sağlam diyot empedans eğrisi



Sağlam zener diyot empedans eğrisi

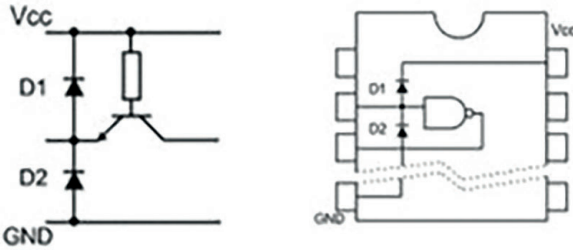


Sağlam kondansatör empedans eğrisi

Şekil 1. Temel VI eğrileri.

Kondansatör ve bobin eğrileri elips şeklindedir. Ekranın orta merkezine göre simetriktir. Bobinin iç direnci olduğundan elips, düşey düzlemde biraz yatık oluşur. Şekildeki VI eğrileri devre dışında görülen eğrilerdir. Bu temel eğriler birçok malzeme testinde görülmektedir. Devre dışında saniyeler seviyesinde elektronik malzemeler VI testi ile ölçülebilmektedir.

Dijital ve Analog entegrelerin (IC) tüm bacaklarında Şekil 2.'de görüldüğü gibi koruma maksatlı diyot yapıları bulunur.



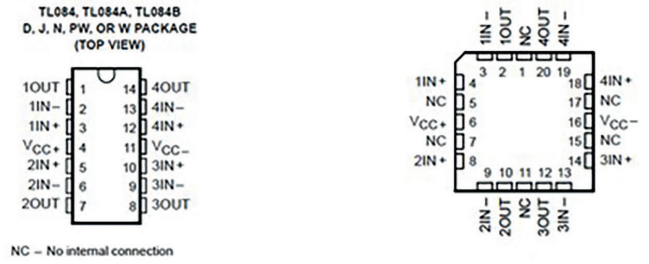
Şekil 2. IC pinlerindeki koruma diyot yapıları.

Bu koruma diyot yapıları her malzeme pininde Şekil 2.'de görüldüğü gibi, GND ve Vcc ye irtibatlıdır. Sağdaki şekilde bir dijital entegre (IC) içerisinde, soldaki şekilde ise büyütülmüş şekli görülmektedir. Bu yapı bazen zener diyot, bazen normal 1N4001 gibi bir diyot VI eğrisi şeklinde ölçülür. Bu koruma diyot yapısı VI eğrisinde bir bozulma var ise, entegre (IC) bozulmuştur. Diyot koruma yapıları IC pinlerinin hepsinde aynı VI eğrisini göstermeyebilirler. Örneğin giriş (input) veya çıkış (output) pinleri VI eğrileri kendi aralarında farklı olabilir.

Tüm IC' leri VI testi ile test etmek için değişmez bir test mantığı vardır; **aynı işi yapan pinler besleme veya toprak referansına göre aynı empedans eğrisini verirler.** Bu mantık ile tüm entegreler (IC) saniyeler seviyesinde test edilebilmektedir.

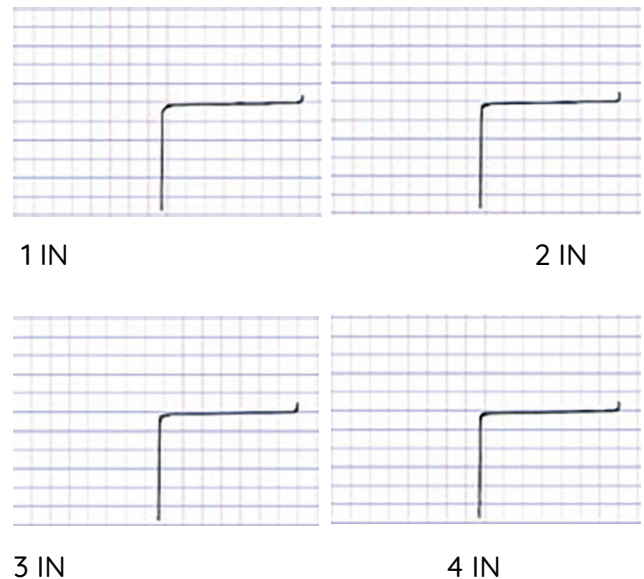
Örneğin ULN2003 'ün çıkış pinlerinde GND referansına göre görülen diyot VI eğrileri aynı olmalıdır. Aynı test giriş pinlerine de uygulandığında kendi aralarında GND referansına göre aynı eğrileri verirler. VI eğrilerinden birinde çok az fark oluştuyorsa (devre dışında) arızalıdır. Dijital entegrelerde de bu test mantığı kullanılır. Kısaca entegrenin aynı işlevi yapan bacakları (pinleri) kendi aralarında karşılaştırılarak kolayca VI testi yapılabilir.

Analog bir entegrenin VI eğrileri ile testine örnek olarak, elektronik kartlarda çok karşılaşılan TL084 entegresini test edelim. Öncelikle internet ortamından arama yapılarak datasheet, pdf (teknik verileri)'i bulunur. TL084 içerisinde 4 adet opamp bulunan bir entegredir. Teknik verileri sayfasından bacak isimleri (pinout) bulunur. Pinout gösterimlerinde 'NC' bacakları 'none connect' yani bağlantısı olmayan pinlerdir. Şekil 3.'de görülmektedir.

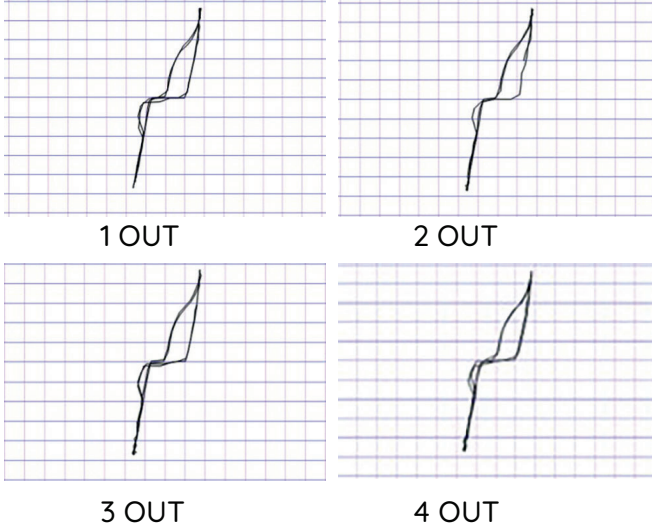


Şekil 3. TL084 bacak isimleri (pinout)

VI testinde, test edilecek entegre ile ilgili detaylı bilgiye genellikle gerek yoktur. EFLVI Tester-TFT cihazının siyah test probu -Vcc (11 nolu bacak) 'ye mikro test klipsi yardımıyla irtibatlanır. Analog entegrelerde -Vcc, dijital entegrelerde ise GND referans olarak alınır. Aynı işi yapan bacaklara sırayla prop yardımıyla dokunulur ve eğrilerin aynı olduğu ölçülür. Örneğimizde öncelikle IN (giriş) bacaklarındaki eğrileri gözlemleyelim. TL084 entegresinde -Vcc referansına göre, + ve - IN (giriş) bacaklarının kendi aralarındaki eğrilerinin aynı olduğu gözlenmiştir. IN VI eğrileri Şekil 4. 'de görülmektedir.



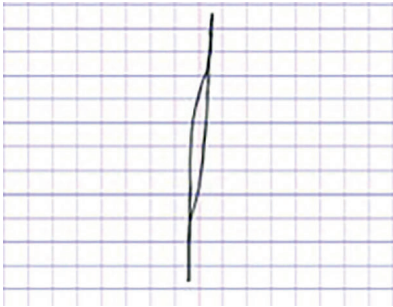
Şekil 4. TL084 IN pinleri VI eğrileri (high kademeli).



Şekil 5. TL084 OUT pinleri VI eğrileri (logic kademesi).

Şekil 5. de görüldüğü gibi OUT bacaklarının $-V_{cc}$ referansına göre hepsinin aynı VI eğrilerini gösterdiği gözlemlenmiştir. Yani TL084 entegresinin sağlam olduğu anlaşılmıştır. Eğer eğrilerden biri diğerlerine göre farklı olsaydı TL084 IC arızalıdır denilecekti.

Devre içerisinde TL084 'ün $+V_{cc}$ ve $-V_{cc}$ bacaklarında görülen VI eğrisi Şekil 6.'da görülmektedir.



Şekil 6. TL084'ün $-V_{cc}$ ile $+V_{cc}$ arasındaki devre içi VI eğrisi (low kademesi).

Şekil 6.'da görülen VI eğrisine bakıldığında, kapasite (halka) ve yarı iletken (zener diyota benzer) malzemelerin birleşimi eğrisi görülür. $V_{cc} - GND$ arası veya $+V_{cc}, -V_{cc}$ arasında tüm elektronik kartlarda halkalı benzer yapılar görülür. Eğri kısa devre şeklinde görülüyorsa kart tamirine başlamadan önce kısa devre olan malzeme arızası giderilmelidir. LCR metre ile kısa devre arızasını giderme konusu Elektronikte Arıza Bulma ve Giderme Teknikleri-1 kitabının ilgili yerinde anlatılmıştır.

2. İKİ ELEKTRONİK ARIZALI KARTI KARŞILAŞTIRARAK ARIZANIN BELİRLENMESİ

Elektronik kart tamirinde en çok kullanılan metottur. Elektronik bir karttaki arızalı malzeme %95 seviyesinde sadece VI eğrileri ile tespit edilebilir. Sağlam ve arızalı veya iki arızalı kartı hızlı karşılaştırarak arızalı malzemenin bulunduğu nokta (düğüm noktası) kolayca belirlenebilir. Genellikle iki arızalı elektronik kart karşılaştırılarak her ikisinin de üzerindeki arızalı malzemeler tespit edilebilmektedir. Arızalı malzemeler bozulduklarında aynı VI eğrilerini göstermediklerinden VI eğrilerinde kolayca bu farklar yakalanabilmektedir. Soğuk lehim ve iletkenlik problemleri de VI karşılaştırma testinde belirlenebilmektedir. VI karşılaştırma testlerini başarılı yapabilmek için, bağlantı şekli ve dikkat edilecek kurallar aşağıda verilmiştir.

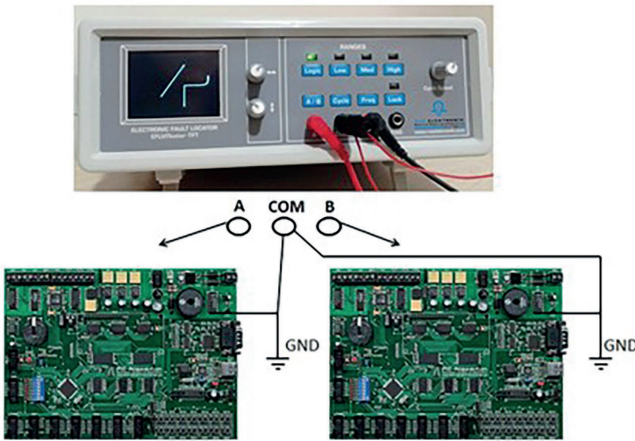
- Elektronik kartlar birebir aynı olmalıdır, modifikasyon veya hardware version farklılığı olmamalıdır.
- Elektronik kart üzerindeki jumper gibi ayarlar aynı konumda olmalıdır.
- Elektronik kartlarda kendi besleme enerjisi olmamalıdır. Elektronik karttaki kondansatörlerin deşarj edilmesi gerekir. Aksi halde VI test cihazı zarar görür. Kondansatörler taş direnç veya adi lamba ile kolayca deşarj edilebilir.
- Besleme ve toprak kısa devre edilir ise, aynı anda her iki tarafa göre eğriler karşılaştırılacağından VI farkını bulmak kolaylaşacaktır. Böylelikle istenmeyen kapasitif gürültüler de ortadan kalkmış olur.
- Her iki kartın referans noktası VI test cihazının 'COM' ucuna mikro test klipsi yardımıyla sabitlenir. Resim 2'de cihaz mikro test klipsleri görülmektedir.



Resim 2. Mikro test klipsleri.

- Entegreleri VI eğrileri ile karşılaştırmak için elektronik kartta test referansı olarak GND noktası alınır. Digital elektronik malzemeleri test ederken GND (ground), analog elektronik malzemeleri test ederken ise -Vcc (negatif besleme) veya AGND referans olarak kullanılır. Elektronik Devrelerde Arıza Bulma ve Giderme Teknikleri 1 kitabımızdaki elektronik malzemeler konusu anlaşıldığında, elektronik malzeme pinoutları yardımıyla, elektronik kart üzerinde GND ve -Vcc referans noktaları kolayca bulunur. Örneğin, kutuplu kondansatörün - bacağı, 7805 regülatörünün metal gövdesi (TAB) GND pinidir. Mikrotest klipsi ile yan yana konulan iki arızalı kartın GND referans noktası, EFL VI Tester-TFT cihazının COM' soketine irtibatlanır. Şekil 7.'de görülmektedir.

- Cihazın iki kanalı da açılarak iki yatay çizginin ekrana gelmesi sağlanır. A kanalına takılan test probu ile soldaki karttaki bir entegrenin bir nolu pinine, B kanalına takılan test probu ile sağdaki aynı entegrenin bir nolu pinine dokunularak VI eğrileri karşılaştırılmaya başlanır. CYCLE modu ile test yapılarak tüm VI test kademelerinde fark aranır. Şekil 7'de bu bağlantılar görülmektedir. Fark bulunana kadar tüm entegre pinlerine dokunulur. Fark bulunan yer arızalı malzemenin bulunduğu yerdir. Sadece bir test kademesinde de fark bulunuyor ise malzeme arızası bulunmuştur.



Şekil 7. İki arızalı kartı VI eğrileri ile karşılaştırarak arıza belirleme.

- İki ve üç pinli; direnç, kondansatör, diyot, transistör, mosfet gibi malzemeleri iki kartta karşılaştırma yaparken GND referansı irtibatlanmaz. Doğrudan malzeme üzerlerine dokunularak test edilmesi tavsiye edilir. A, COM ve B soketi-

ne bağlı proplar çıkarılır. Kırmızı prop A soketine, Siyah prop ise COM soketine takılır. Soldaki kartta bulunan bir diyodun üzerine kırmızı ve siyah proplar ile doğrudan dokunulur, sonra aynı malzemeye sağdakinde de dokunulur. İkisinin de eğrilerinin aynı olduğu görülür. CYCLE modunda testlerin yapılması önerilir.

- Fark bulunan malzeme bacağı devre içerisinde başka malzemelere de bağlıdır. Bu noktaya bağlı olan birkaç malzeme devre dışına alınarak VI eğrileri ile kısa sürede test edilebilirler. Bir diyodun bir bacağına kaldırmak da onu devre dışına almaktır. Arızalı bulunan malzemenin devre içerisinde aynı yoluna bağlı olan diğer malzemeleri de test etmekte fayda vardır. Aynı yol üzerinde birkaç malzeme zincirleme arızalanmış olabilir. Devre dışına alınan malzemenin testi VI testi ile saniyeler seviyesinde yapılabilmektedir. Şekil 8'de karşılaştırma esnasında bulunan bir fark görülmektedir.



Şekil 8. Elektronik kart karşılaştırmasında arızalı malzemenin bulunduğu nokta.

- Eğer farkın bulunduğu noktadaki 3-5 malzemeyi devre dışına almadan, tam olarak arızalı malzeme belirlenmek isteniyorsa, ikinci adıma geçilir. Her iki karttaki farkın bulunduğu noktaya referans (COM) mikro test klipsi irtibatlanır. Bu noktaya göre her iki kartta o noktaya bağlı olan tüm malzemelerin diğer bacaklarına dokunularak VI eğrileri karşılaştırılır. En fazla VI eğrisi farkı gözlemlenen elektronik malzeme devre dışına alınır. Böylece arızalı malzeme mümkün olduğu kadar devre içinde bulunmuş olur. Unutulmamalıdır ki, elektronik karttan minimum malzeme sökerek (kart ile çok az oynama yaparak) arızanın bulunması esastır.

- Test öncesi elektronik kart üzerindeki tüm malzemeler tanınmalı, datasheetleri bulunmalıdır.

- VI karşılaştırma işleminde sağdaki karttan bir malzeme sökülmüş ise, işleme devam etmeden soldaki aynı malzemenin de sökülmesi gerekir. Aksi halde kartlar birebir aynı olmayacaktır. Sağdan ve soldan sökülen malzemeler ayrı malzeme kutularına konmalı, kutu üzerlerine kart numarası yazılmalıdır.

• Elektronik kart karşılaştırılması esnasında soldaki kartta Motorola firması üretimi 74HC138 entegresi ve sağdaki kartta ise Dallas firması üretimi 74HC138 entegresi bulunmuş olsun. Sağdaki kartta hep düzgün zener diyot VI eğrileri görüldüğünü, soldaki entegrede ise düzgün diyot VI eğrileri görüldüğünü varsayalım. Bu bir arıza değil, firma farklılığıdır. İki malzeme de sağlamdır. Unutulmamalıdır ki malzeme arızası (component defect) bir düzensizliktir ve asla birbirini aynı VI eğrisi şeklinde iki bacakta da gözlemlenmez. Şu yorum yapılabilir, datasheet 'ini bulamadığımız bir entegrenin bacaklarından GND referansına göre VI eğrileri ölçüldüğünde, aynı eğrilerden başka bacaklarda da mutlaka bir tane daha görülüyor ise sağlamdır. Tabii ki bariz kısa devre veya açık devre olmasını istisna tutmak gerekir.

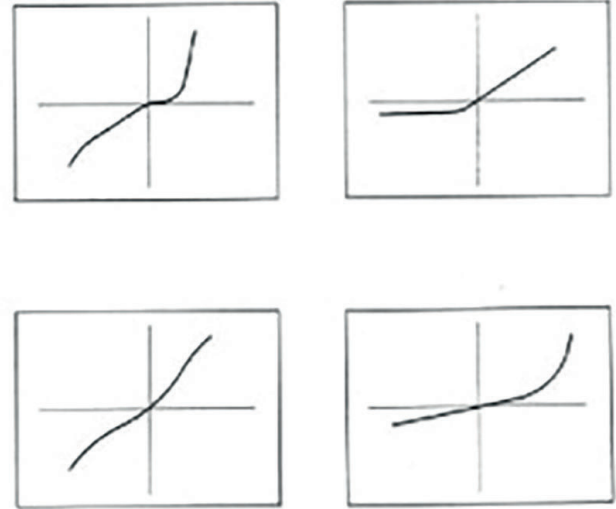
• Elektronik karşılaştırma esnasında mutlaka esd bilekliğin takılı olması gereklidir.

• Tüm elektronik kartlar birden fazla işlevi yapan blok elektronik devrelerden meydana gelir. Örneğin besleme katı, motor sürücü katı, kuvvetlendirme katı, A/D dönüştürücü katı, haberleşme katı vs. gibi. VI karşılaştırma işleminde elektronik kartın şikayetine göre arızanın olduğu devre bloğunu belirleyerek testlere başlamak, arızalı malzemeyi belirlemeyi hızlandıracaktır. Örneğin arızalı kart haberleşme yapamıyor ise, haberleşme görevini yapan bloğun olduğu devre katından testlere başlamak arıza belirlemeyi hızlandıracaktır. Bu blok genellikle haberleşme soketine yakın olan bloktur.

• Arızalı elektronik kartta simetrik devreler varsa, karşılaştırma için başka bir arızalı karta gerek kalmadan bu devre blokları kendileri arasında karşılaştırma yapılabilirler. Simetrik blok devreler aynı işi yapan birbirini aynı malzeme gruplarından oluşan devrelerdir. Örneğin 8 dahili aboneli bir santral ana kartının, 2 nolu abone kısmı arızalı olsun. Abone blok devreleri birbirini aynı malzemelerden oluşan blok devrelerdir. Kanal blok devreleri hepsinde aynı olduğundan, yanındaki diğer sağlam bir blok devre kanalı ile karşılaştırma yapılarak kolayca arızalı malzeme bulunabilir. Elektronik kart üzerinde hangi kanalın arızalı olduğu sistem bilgisine sahip teknik personelden alınan yardımla belirlenmelidir. Simetrik devre blokları genellikle elektronik kartların büyük çoğunluğunda mevcuttur. VI eğrilerinde hep karşılaştırma metodu kullanıldığı sürece arıza kolayca bulunacaktır.

Üzerinde simetrik devreleri olmayan sadece tek arızalı kart üzerinde arızalı malzemeyi bulmak tecrübe istemektedir. VI eğrileri ile arıza belirlemeye yeni başlayan teknik arkadaşlara başlangıçta 3-5 adet elektronik kartı karşılaştırarak arıza belirleyip, başarmalarını tavsiye ederiz. Hem kendilerine güvenleri artacak, hem de elektronik malzemelerin devre içerisindeki eğrilerine aşina olacaklardır. Devre içerisinde malzemeler birden fazla malzeme ile irtibatları olduğundan, devre dışındaki gibi eğriler göstermezler. Tek kartta arıza bulma esnasında şüphelenilen elektronik malzeme sökülerek devre dışına alınmalıdır. Tek kartta VI eğrilerinde şu tür eğriler aranabilir; bariz açık devre, kısa devre, direnç şekline gelmiş, kıvrımları bükülmeleri yuvarlak olan, köşeli olmayan eğriler şüphelidir. Şekil 9'da bu eğrilerden bazıları görülmektedir. Devre dışında ise malzemenin empedans eğri testi saniyeler seviyesinde yapılmaktadır.

Şekil 9. Elektronik kart karşılaştırmasında bu-



lunan bazı arızalı VI eğrileri.

Entegre bacaklarında genellikle; diyot ve zener diyot VI formunda eğriler görülür. Şekil 9'daki eğriler gözlemlenmiş ise malzeme arızalıdır.

Kaynaklar;

1. www.reelektronik.com
2. Kitap, Önder ŞİŞER, Elektronikte Arıza Bulma ve Giderme Teknikleri-1

TELEKOM ANILARI-I

X-BAR SANTRALLERİNİN SAYISAL'A DÖNÜŞÜMÜ

Zuhuri YAMAN - Elektronik ve Haberleşme Mühendisi
zuhuri59@gmail.com

Sıkıntılı süreç tamamlanmış gibiydi. Ancak bir türlü santral grubuna geçişim onaylanmıyordu. Bu arada çok samimi olduğum başmüdür muavini Ali bey Genel Müdürlüğe Daire başkanı olarak tayini çıkmıştı. Bir İtalyan Radyo Link firmasının davetlisi olarak Akay yokuşundaki Dedeman oteline davetliydik. Daire başkanı Ali beye durumu anlattım. "Zuhuri sen hele biraz sabırlı ol, ben hallederim " dedi. Aydınlikevler PTT eğitim merkezinde hem enerji sistemleri konusunda ders veriyor hem de Mehmet Taşaltın beyin X-Bar kursuna gidiyordum.



Resim:1 Aydınlikevler Eğitim Merkezinde X-Bar Eğitimine katılanlar

Kurs verme işlemini yeni tamamlamış sohbet ederken eğitimdeki sekreter bayan "Zuhuri Yaman kim, onu Ankara Telefon Grup Baş mühendisi çağırıyor" dedi. Siteler-Ulus dolmuşuna atlayıp Ulus'ta Başmüdürlük binasına geldim. Grup Baş mühendisi Mehmet Bey çağırılmış ve bana "Zaten seni santrallere alacaktım, neden sağa sola başvuruyorsun" dedikten sonra "Haftaya santraller de çalışmaya başla" dedi. Başladık da. Bu arada sayısal santraller konusunda hummalı bir çalışma başlatan eski genel müdürün kaldığı yerden 1980 ihtilali sonrası Servet Paşa da işleri hızlandırdı. Bir gün grup başmühendisimiz Mehmet Bey "Northern Elektrik firması Kavaklı-

dere'de ilk sayısal santral kuracak; DMS-10M. İçinizde bu sayısal santralde Kanadalı Mühendislerle çalışmak isteyen var mı? " diye sordu. Ben hem yeni başlamıştım ve en gençleriydim hem de herkes istekli olur diye geri planda durdum. Mehmet bey birkaç kez tekrarladı sorusunu, kimseden ses çıkmadı. Erol Taş'a çok benzeyen Mehmet Bey ile bir ara göz göze geldik. Cesaretlendim ve "kimse talipli değilse ben çalışırım " dedim. Bu isteğim kaderimi de değiştirdi. Artık Kavaklıdere'ye gidip gelecektim.

Kavaklıdere de Netaş'tan Cüneyt Bey ile birlikte çok olgun efendi bir Kanadalı teknik eleman vardı. Sonraları dostluğumuzu bir hayli geliştirdik bu Kızılderili kökenli Kanadalı Dany ile. Birlikte yemeğe gider, birlikte EGO otobüsü ile zaman zaman Ulus Başmüdürlükteki toplantılara gider, durum hakkında rapor verirdik. Dany'nin DMS santrali öğrenmemde çok faydası oldu.



Resim: 2 1984 Kanadalı Dany ile

Bu arada eğitim amaçlı Telekom personelinin üst düzey yöneticilerinin bir kısmı Kanadaya North'nin eğitim merkezine gittiler. Son gruplar olarak bizide 2 aylığına gönderdiler. O zamanlar dolar bulmak zordu. Bir tanıdıktan bir miktar TL karşılığı aldık. İstanbul'da bir gün kaldık, Akşam

Netaş'ın da hissedarı olan Yavuz Kireç beyin bir boğaz lokantasında yemek davetine katıldık. İsviçre Zürih üzerinden Toronto'ya geçtik. Havalimanında pasaport sorgulamasında polisler bir hayli sorun çıkardı. En sonunda İstanbul Telekom'dan rahmetli Mecit (Gökyokuş) beyin aklına Northern'in davetiye mektubu geldi, Onu gösterince bütün kapılar önümüze açıldı. Santral eğitimi saat 09:30 da başlıyor saat 15:30 da bitiyordu. En komiğimiz olan Erzurum'dan Alaattin Karakelle'ye takılıyorduk. Hocamız soyadınızın anlamı ne dediğinde Alaattin bey bize dönüp "İngilizce de karabaş nasıl söylenir" diye sorarken yine hepimizi güldürmüştü. Hafta sonları içimizde tek ehliyeti olan Kasım Toprak beye bağımlı idik. İkna edersek Toronto'yu dolaştırıyordu. Sağ olsun bir defasında da ısrarlarımıza dayanamadı Niagara Şelalesine ve karşı taraftaki ABD'nin Baffolo kasabasına götürdü.



Resim: 3 Toronto da



Resim: 4 Bramela'da Eğitim Merkezinin önünde



Resim:5 Eğitim Sertifikamızı Northern GMY'sinden aldık

Eğitimden döndük. Bu arada grup Başmühendisi-miz Kırıkkale'ye Baş müdür olarak tayini çıkmış yerine Başmühendis olan Metin (Özarıslan) beklerken başkası getirilince müzmin bekar Metin bey emeklilik dilekçesini verdi ve hayallerindeki yaşamı gerçekleştirmek için tam donanımlı bir sandal almış ve kendince Robinson hayatı yaşamaya başlamış(O yıllarda Günaydın gazetesine haber olmuştu).

Dönemin Ulaştırma ve Haberleşme Bakanı Veysel Atasoy Zonguldak da santralsiz şehir bırakmazken, Mehmet Keçeciler de ondan geri kalmıyor, Konya'nın tüm ilçelerine sayısal santral kurduyordu. Montajlar devam ederken ilk sayısal santral açılışı için Kavaklıdere seçildi. Hazırlıklar yapıldı. O zaman Mustafa Solak'ın yerine Başmüdür olan Osman Gözüm bir gece önce Kavaklıdere santraline geldi. Sorumlusu olarak bana "Yarın başbakan gelecek, aman sorularına doğru, net cevaplar ver" diye tembihledi. O gece elime NTP* leri aldım. Gece sabaha kadar eğitimde de aldığım konuları tekrarlamaya çalıştım. Ama bu arada elbisemi değiştirecek zamanım da kalmamış sabah Özal gelmeden önce DMS santralinde alarm zilleri çalmaya başladı. Sisteme baktım ki tek çıkış yönümüz olan İncesu trunklarının hepsi arızaya düşmüş. Sağı, solu araştırırken anladık ki İncesu santralinde Transmisyoncular test yapmak için kapatmışlar. Hemen iletişim kurduk ve karşı taraftan trunkları açtırdık. Az sonra da trafiğe kapatılan Cinnah Caddesi'nin girişinde Özal'ın arabası belirdi. Yanındaki Veysel Bey, Mehmet Keçeciler, Genel Müdür yardımcısı Emin (Başer) Beyle benim bulunduğum santral salonuna girdiler. Emin bey benim yorgun ve bitkin halimi görünce "İstersen sen arkaya geç, ben sorularını

cevaplarım” diye kibarca arka bölüme gönderdi. Kısa bir tanıtım yaptı Emin Bey. Özal da gazetecilere sayısal santraller de yapılan gelişmeleri ve bunun ekonomiye katkısına değindi. Flash patlatmadan birkaç fotoğraf çekildikten sonra dışarı, cadde üzerine kurulu tören alanına çıkıldı. İki üç gün önce 32 yıldır babasından miras en uzun süre telefon bağlantısı bekleyen bir vatandaşı tespit ettikten sonra ona “Seni Başbakanımız Özal arayacak, siz de ona bu bağlantı için teşekkür eder misiniz?” deyince adam “Tabii ki, 32 yıldır beklediğimiz an, bu an” dedi. Nitekim tören esnasında Sayın Özal bir tuşa basarak bu abonemizin hattını açıp evine bağlandı. Telefonun sesi volümü arttırılarak caddeye verilmişti. Başbakan Özal kendini tanıttıktan sonra memnuniyetini sordu. Abonemiz de başbana minnettarlığını belirtti.



Resim: 6 İlk Sayısal Santral Açılışı :1985

Akşam Sıhhiye deki Büyük Sürmeli Otelde yemekli açılış kokteyli vardı. O yıllarda (1985) Tek kanalımız olan TRT’de açılış töreninden geniş şekilde bahsedildi. Törenden görüntüler verilirken maalesef bizim görselimiz yoktu. Çünkü çekimlerin hepsi dışarda yapılmıştı. Varsın olsun. İlk sayısal santralin yöneticisi olmanın gururu bana yeterliydi.

***NTP Northern Telecom Practice**

2026 YILI SMM/BT BELGE YENİLEME İŞLEMLERİ 17 KASIM 2025 TARİHİNDE BAŞLADI

2026 yılı SMM/BT belge yenileme işlemleri 17 Kasım 2025 tarihinde başlamıştır ve 28 Şubat 2026 tarihine kadar devam edecektir. 28 Şubat 2026 tarihinden sonra yapılacak yenileme taleplerinde ilk çıkartma ücreti alınacaktır. Üyelerimize önemle duyurulur. Belge başvurularında istenilen evraklar için başlığa tıklayınız.

İlgili kurumlar 01.01.2026 tarihinden itibaren 2025 yılında çıkarılmış olan SMM-BT belgeleri ile işlem yapmaktadırlar. Üyelerimizin ilan edilen süreler içerisinde işlemlerini başlatması önemlidir.

Üyelerimiz SMM-BT yenileme ve ilk başvuru işlemlerini bağlı bulundukları EMO birimlerinden ya da portal. emo.org.tr üzerinden yapabilecektir. Ayrıca ödemeler için taksitlendirme imkanı bulunmaktadır.

Kendi adına veya ortak olarak ilk defa SMM BT çıkaracak üyelerimize İlk Çıkartma bedellerinde %50 indirim uygulanacaktır.

2026 yılı SMM-BT belge yenileme ve ilk çıkartma bedelleri aşağıda belirtilmiştir.

SMM Belgesi (İlk Çıkartma)	18.250,00 ₺
BT Belgesi (İlk Çıkartma)	23.500,00 ₺
SMM Belgesi (Yenileme)	9.000,00 ₺
BT Belgesi (Yenileme)	10.000,00 ₺
Büro Tanıtım Belgesi (İlk Çıkartma)	20.000,00 ₺
Büro Tanıtım Belgesi (Yenileme)	12.000,00 ₺
SMMHB (Her Belge İçin)	22.500,00 ₺

SMM başvurusu ve aidat ödemeleriniz için şube hesap numaraları aşağıdaki gibidir.

MÜŞTERİ ADI : EMO ANK ŞUBESİ BAŞKANLIĞI

HESAP NO : 4218-6896537 (Türkiye İş Bankası Ankara Yenışehir Şubesi)

HESAP NO : 4218-6896537 (Türkiye İş Bankası Ankara Yenışehir Şubesi)

IBAN NO : TR24 0006 4000 0014 2186 8965 37



Hazırlayan: **Önder ŞİŞER** -Elektronik Yüksek Mühendisi
onder@reelektronik.com

2025 YILINDA DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE YAŞANAN TEKNOLOJİK GELİŞMELERDEN BAZILARI

Günümüzde teknoloji alanında hemen her hafta neredeyse gelişmeler yaşanmakta. 2025 yılında da birçok teknolojik gelişme yaşandı. Bu gelişmelerin içerisinde şüphesiz en önemli olanı Yapay Zeka (YZ). Evet artık YZ çağının tam içerisindeyiz ve genel yapay zekaya doğru bilim insanlarına göre hızla ilerliyoruz.

YZ çalışmalarının paralelinde YZ ile uyumlu kullanılabilecek çiplerin üretimi de ivme kazanmış durumda. Paralel işlem yeteneğine sahip, yüksek hızlı, hatta RAM yapılarının da içerisinde bulunduğu yeni nesil çipler üretilmeye başlandı. Küresel çip üreticileri YZ çip üretimlerine ağırlık verdikleri için, bilgisayar donanımları için gerekli örneğin RAM veya anakartlardaki çip üretimlerine ara vermiş bulunmaktalar. Bu sebeple bilgisayar donanımları talebi karşılanamadığı için, fiyatları ciddi oranlarda arttı ve artmaya devam etmekte.

YZ ile birlikte kullanılabilecek; çok yüksek hızlı, performanslı ve paralel işlem yeteneği olan çip mimarileri ve yeni teknolojileri de halen geliştirilmeye devam ediliyor. Örneğin Çin tarafından ilan edilen ve teorik olarak geliştirilen optik çipler, mevcut çiplerden 1000 katı daha fazla hıza sahip olacağı belirtilmekte. Fakat bu çipi pratikte gerçekleştirmeleri 2027 yılını bulabileceği öngörülmekte. Amerika da bu gelişme karşısında diğer YZ çiplerini ilan etti. EUV litografi makineleri yerine X-Ray kullanan litografi teknikleri de geliştirilmeye başlandı. Görüldüğü gibi YZ çip yarışı küresel boyutta hızlanmış durumda.

Bazı bilim insanlarına göre; YZ gelebileceği en üst seviyeye geldi ve eğer kuantum bilgisayarlar veya çok daha yüksek hızlı bilgisayarlar (yüksek hızlı GPU'lar veya Nöromorfik Çiplerle çalışanlar gibi) hemen geliştirilir ise genel yapay zekaya erişilecek. Aksi halde bu seviyelerde kalabilir denilmekte.

YZ gelişmelerinin de yer aldığı 2025 yılının son çeyreğinde yaşanan bazı teknolojik gelişme haberlerini aşağıda sizler için derledik. Umarım beğeni ile okur ve incellersiniz.

2025 Yılı Nobel Fizik Ödülü Açıklandı!

İsveç Kraliyet Bilimler Akademisi, 2025 Nobel Fizik Ödülü'nü şu kişilere verme kararı aldı:

- John Clarke, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley, ABD
- Michel H. Devoret, Yale Üniversitesi, New Haven, CT ve California Üniversitesi, Santa Barbara, ABD
- John M. Martinis, Kaliforniya Üniversitesi, Santa Barbara, ABD ve Qolab, Los Angeles, CA, ABD

"Elektrik devresinde makroskopik kuantum mekanik tünelleme ve enerji kuantizasyonunun keşfinden dolayı"

Fizikteki en önemli sorulardan biri, kuantum mekaniği etkilerini gösterebilecek bir sistemin maksimum boyutunun ne olduğudur. Bu yılki Nobel Ödülü sahipleri, elde tutulabilecek kadar büyük bir sistemde hem kuantum mekaniği tünellemesini hem de kuantumlu enerji seviyelerini gösterdikleri bir elektrik devresiyle deneyler gerçekleştirdiler.



KUNGL.
VETENSKAPS-
AKADEMIEN

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Kuantum mekaniği, bir parçacığın tünelleme adı verilen bir süreç kullanarak bir bariyerden doğrudan geçmesini sağlar. Çok sayıda parçacık söz konusu olduğunda, kuantum mekaniği etkileri genellikle önemsiz hale gelir. Ödül alanların deneyleri, kuantum mekaniği özelliklerinin makroskopik ölçekte somutlaştırılabileceğini göstermiştir.

1984 ve 1985'te John Clarke , Michel H. Devoret ve John M. Martinis , elektrik direnci

olmadan akımı iletebilen bileşenler olan süperiletkenlerden yapılmış bir elektronik devre üzerinde bir dizi deney gerçekleştirdiler. Devrede, süperiletken bileşenler, Josephson bağlantısı olarak bilinen ince bir iletken olmayan malzeme tabakasıyla ayrılmıştı. Devrelerinin tüm çeşitli özelliklerini inceleyip ölçerek, içinden akım geçirdiklerinde ortaya çıkan olayları kontrol edip keşfedebildiler. Süperiletkenden geçen yüklü parçacıklar birlikte, tüm devreyi dolduran tek bir parçacık gibi davranan bir sistem oluştu.

Bu makroskopik parçacık benzeri sistem, başlangıçta herhangi bir voltaj olmadan akımın aktığı bir durumdur. Sistem, sanki geçemeyeceği bir bariyerin arkasındaymış gibi bu durumda hapsolmüştür. Deneyde sistem, tünelleme yoluyla sıfır voltaj durumundan çıkmayı başararak kuantum karakterini göstermektedir. Sistemin değişen durumu, bir voltajın ortaya çıkmasıyla tespit edilmektedir.

Ödül kazananlar ayrıca sistemin kuantum mekaniğinin öngördüğü şekilde davrandığını da gösterebildiler; yani kuantumludur, yani yalnızca belirli miktarlarda enerji emer veya yayar.

Nobel Fizik Komitesi Başkanı Olle Eriksson, "Yüzyıllardır süregelen kuantum mekaniğinin sürekli olarak yeni sürprizler sunmasını kutlamak harika. Aynı zamanda son derece faydalı, çünkü kuantum mekaniği tüm dijital teknolojinin temelidir," diyor.

Bilgisayar mikroçiplerindeki transistörler, çevremizi saran yerleşik kuantum teknolojisinin bir örneğidir. Bu yılki Nobel Fizik Ödülü, kuantum kriptografisi, kuantum bilgisayarlar ve kuantum sensörler de dahil olmak üzere yeni nesil kuantum teknolojisinin geliştirilmesi için fırsatlar sağlamıştır.

Kaynak; <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2025/press-release/>

Çin Bombayı Patlattı: NVIDIA'nın Yapay Zekâ GPU'larından 1.000 Kat Hızlı Çip Geliştirdiler.

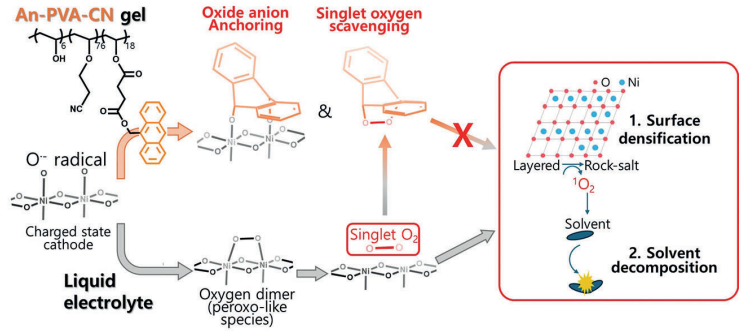
Ödüllü bir Çinli araştırma ekibi, yapay zekâ veri merkezleri için özel olarak geliştirilmiş yeni bir optik kuantum çip ürettiğini duyurdu. Yaptıkları açıklamalar o kadar iddialı ki NVIDIA, tarihinin en büyük sorunlarından biriyle karşı karşıya gelebilir diyebiliriz. Zira Çin'de geliştirilen yeni çipin, NVIDIA'nın en güçlü GPU'larından tam 1.000 kat daha hızlı olduğu ifade ediliyor.

Kaynak; <https://www.webtekno.com/cin-yapay-zeka-nvidia-gpu-bin-kat-hizli-kuantum-cip-h206981.html>

Elektrikli araçlarda devrim: Yeni jel elektrolit ile batarya ömrü 3 katına çıkıyor

İsan Ulusal Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (UNIST) araştırmacıları, elektrikli araçların batarya ömrünü neredeyse üç kat artıracak yenilikçi bir jel elektrolit geliştirdi. Bu malzeme, yüksek voltajlı lityum-iyon bataryalarda yaşanan oksijen kaynaklı yaşlanmayı engelleyerek hem batarya güvenliğini hem de dayanıklılığını önemli ölçüde artırıyor.

Günümüzde elektrikli araç üreticileri, menzili artırmak için lityum-iyon bataryaları yüksek voltajlarda çalıştırıyor. Teorik olarak, voltaj yükseldikçe bataryada depolanan enerji de artıyor. Ancak yüksek voltaj, nikel açısından zengin katodun kararsız hale gelmesine yol açıyor. Katot yüzeyinden serbest kalan oksijen, reaktif oksijen türlerine (ROS) dönüşüyor. Bu moleküller, elektroliti parçalayabilir, katot yapısını bozabilir, nikel çözünmesine ve gaz oluşumuna neden olarak bataryanın şişmesine ve arızalanma riskinin artmasına yol açabilir.



Kaynak; <https://www.donanimhaber.com/elektrikli-araclarda-yeni-elektrolit-ile-batarya-omru-3-kat-artiy--198676>

Araştırmacılar, çip üzerinde ilk "mikrodalga beyin"i geliştirdi

Mikrodalgalarla çalışan yeni işlemci, insan beyninden ilham alan sinir ağlarını kullanarak veri akışlarını onlarca gigahertz mertebesinde işliyor. Cep telefonunun iletim gücünden bile az enerji tüketen bu teknoloji, özellikle uç bilişimde devrim yaratabilir.

Bilim dünyası, işlem yeteneklerini geleneksel dijital devrelerden oluşan altyapıdan ayırarak mikrodalgaları kullanan, tamamen yeni bir mikroçip türünü tanıttı. Cornell Üniversitesi araştırmacıları, bu çipin bir yonga üzerine sığdırılabilen dünyanın ilk tam fonksiyonlu Mikrodalga Sinir Ağı (MNN) olduğunu ve geleneksel CPU'lardan çok daha yüksek hızlarda performans gösterebileceğini duyurdu.

Cornell Üniversitesi Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Fakültesi direktörü Alyssa Apsel, bu başarının geleneksel devre tasarımlarını terk etmekle mümkün olduğunu söyledi. Apsel, "Dijital sinir ağlarının yapısını birebir taklit etmeye çalışmak yerine, nihayetinde size yüksek performanslı hesaplamalar sağlayabilecek kontrollü bir frekans davranışları karışımına benzeyen bir şey yarattı" dedi.

Çipin bir diğer çarpıcı özelliği ise düşük güç tüketimi. Sadece 200 miliwatt'tan (0,2 watt'tan az) daha

az güç tüketen bu çip, çoğu CPU'nun gerektirdiği en az 65 W giriş gücüyle karşılaştırıldığında devrim niteliğinde. Bu düşük güç kullanımı sayesinde bilim insanları, çipin kişisel cihazlara veya giyilebilir teknolojilere entegre edilebileceğini öngörüyor.

Kaynak; https://www.chip.com.tr/guncel/arastirmacilar-cip-uzerinde-ilk-mikrodalga-beyini-gelistirdi_174554.html

Toyota, katı hâl bataryada 2027-2028'i hedefliyor: 1.000 km menzil ve 40 yıla varan ömür.

Toyota, katı hâl batarya programının planlandığı gibi ilerlediğini doğruladı ve bu teknolojiyi pazara sunan ilk üreticiler arasında yer almayı hedeflediğini belirtiyor. Şirketin tahminine göre, bu pillerle donatılmış seri üretim elektrikli araçlar 2027-2028 gibi erken bir tarihte yollara çıkabilir. Takvim iddialı; yine de ulaşılabilir görünüyor.

Buradaki asıl vaat, sıradışı dayanıklılık. Toyota'nın batarya geliştirmesinden sorumlu Keiji Kaita'ya göre, mühendisler şimdiden 40 yıla varan bir kullanım ömrünü hedefliyor. Pratikte bu, bir otomobilin birkaç kuşak sahibine hizmet etmesine, üretimin çevresel etkisinin on yıllara yayılmasına ve karbon ayak izinin kayda değer biçimde küçülmesine kapı aralayabilir. Böyle bir ömür, kullanıcı açısından aracın değerini yıllara yayma güvencesi de sunuyor.

Katı hâl hücreleri yalnızca ömürle sınırlı değil. Hedefler arasında tek şarjla 1.000 kilometreye kadar menzil, daha yüksek enerji yoğunluğu, daha düşük ağırlık, daha kompakt paketleme ve geleneksel lityum-iyon kimyasına kıyasla daha erişilebilir üretim maliyetleri yer alıyor. Bu hedefler gerçekleşirse, teknoloji, elektrikli bir otomobilin şarjlar arasındaki performansına dair beklentileri baştan yazabilir; günlük kullanımda ise hissedilir bir rahatlama anlamına gelebilir.

Dayanıklılık Toyota için yeni bir başlık değil. Markanın mevcut hibrit bataryaları 10 yıl ya da bir milyon kilometre garantiyle satılıyor. Şirket şimdi bu yaklaşımı elektrikli çağa taşıyarak, yalnızca uzun ömürlü değil, onlarca yıl sonra bile nispeten kolay değiştirilebilecek paketler geliştirmeyi amaçlıyor. Gerçek dünyadaki sahiplikte, servis edilebilirliğe bu odak, ham menzil kadar kıymetli olabilir ve kullanım ömrü boyunca öngörülebilirlik katar.

Kaynak; <https://speedme.ru/tr/posts/id13694-toyota-kati-hal-batarya-2027-de-1.000-km-40-yil-omur>

ASELSAN sağlıktaki en büyük sözleşmesine imza attı

ASELSAN, yurt içinde kullanıma yönelik medikal görüntüleme sistemlerinin tedariki kapsamında 26 milyon 70 bin dolarlık sözleşme imzaladı. Bu sözleşme, ASELSAN'ın sağlık alanında bugüne kadar imzaladığı ekonomik büyüklüğü en büyük sözleşme olarak dikkati çekiyor.

Türkiye'nin yıllık tıbbi cihaz ithalatı 3 milyar dolar, bunun görüntüleme cihazları kısmı ise 500 milyon dolar olarak tahmin ediliyor.

Görüntüleme, mikro dalga, radar, elektro optik, güç elektroniği gibi askeri savunma teknolojilerinden gelen bilgi birikimi sağlık alanına taşıyan ASELSAN, "görüntüleme cihazları", "tanı, teşhis ve takip cihazları" ve "yaşam destek cihazları" ile sağlıktaki ana cihaz portföyünü oluşturdu.

ASELSAN'ın sağlık profesyonellerinin görüş ve önerileriyle tamamen milli imkanlarla geliştirdiği Mobil Dijital Röntgen Cihazı (ADR-M100), ilk kez Türkiye'nin köklü hastanelerinden Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde geçen yıl kullanıma alındı.

Kaynak; <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/aselsan-sagliktaki-en-buyuk-sozlesmesine-imza-atti/3745817>

Copenhagen Atomics, düşük elektrik fiyatı ve hızlı kurulumlu toryum erimiş tuz reaktörü geliştiriyor.

Ülkemiz Toryum rezervleri açısından oldukça zengin. Enerji ihtiyacı zamanımızda tüm ülkelerde olduğu gibi, Ülkemiz açısından da kritik ve önemli. Toryum reaktörleri konusunda dünyada her geçen gün farkındalık artmakta. Ülkemizde bu konuda şüphesiz büyük farkındalığın oluşmasını sağlayan Boğaziçi Üniversitesinden Prof. Dr. Engin ARIK ve ekibiydi. Maalesef dramatik bir uçak kazasında 2007 yılında kendilerini kaybettik. Kendisinin kısa bir videosuna aşağıdaki linkten erişebilirsiniz.

Youtube Link: <https://www.youtube.com/watch?v=zkxiVAmcGuE>

Tüm dünyada toryum reaktörü geliştirme çabaları devam ediyor. Çin toryum reaktörü ile çalışan enerji santralini bu yıl devreye aldı. Danimarka'da bulunan Copenhagen Atomics firması, konteyner büyüklüğünde ve bir tır ile taşınabilen modüler toryum reaktörlerini geliştirdiğini açıkladı. Yaklaşık her biri 43 MegaWatt gücünde olan bu modüler enerji santralleri birden fazla da irtibatlanarak daha yüksek güç değerleri elde edilebilecek. Aşağıdakilinki kullanarak tanıtım videosuna erişebilirsiniz.

Youtube Link: https://www.youtube.com/watch?v=-s6_CFPAP8

Youtube da; ayarlara, oradan da alt yazılara gidilerek, otomatik çevir kısmından Türkçe yi seçerek, Türkçe ye altyazı çevirisi yapabilirsiniz.

Kaynak; <https://www.copenhagenatomics.com/>

Türkiye 5G'ye hazırlanıyor: Yeni dönem 1 Nisan 2026'da başlıyor!

Türkiye'nin 16 Ekim'de ihalesini gerçekleştirerek, 1 Nisan 2026'da tam anlamıyla devreye almayı planladığı 5G teknolojisi, sağlayacağı hız, güvenlik ve verimlilikle birçok alanda değişim ve dönüşümü beraberinde getirecek, hayatın neredeyse her alanına dokunacak.

5G teknolojisi, mobil telefonlar, tabletler, otonom araçlarda (kendi kendine giden arabalar), akıllı şehir sistemleri (trafik kontrolü, enerji yönetimi), endüstriyel otomasyon (fabrikalar, robotik üretim), uzaktan sağlık hizmetleri, VR ile AR uygulamalarında kullanılacak.

Kalabalık yerlerde, konser, stadyum, metro gibi yerlerde bağlantı kopmaları azalacak. Aynı anda daha çok cihaz internete sorunsuz bağlanabilecek.

5G teknolojisi günlük hayatta, toplumun birçok alanında da büyük kolaylık sağlayacak. Bu teknolojinin hayata geçirilmesiyle beraber otonom araçlar, 5G sayesinde birbirleriyle anlık iletişim kurabilecek. Yol güvenliğinin artmasıyla trafik kazaları azalacak.

Kaynak; <https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/turkiye-5gye-hazirlaniyor-yeni-donem-1-nisan-2026da-basliyor-921191.html>

Şube Güncesi

EMO ANKARA ŞUBESİ'NDEN MMO ANKARA ŞUBESİ'NE ZİYARET



Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan, YK Üyesi Ferhat İnal ve Şube Teknik Görevlisi Eylem Selçuk Demir, MMO Ankara Şubesi'ni 9 Eylül 2025 tarihinde ziyaret etti. MMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Yılmaz Yıldırım, Başkan Yardımcısı M. Serdar Ulu, Şube Müdürü Tuna Gönüllü ve Şube SMM Üye Birim Sorumlusu Serpil Taburoğlu'nun ev sahipliği yaptığı ziyarette, Odaların ortak çalışma alanlarına dair yapılabilecek işbirliği faaliyetleri ile ilgili fikir alışverişinde bulunuldu. Elektrik-Elektronik Mühendisliği ile Makine Mühendisliği mesleki faaliyetlerinde kesişen alanların oldukça fazla olması sebebiyle, üyelerin mesleki gelişimlerine katkı sunabilecek her türlü ortak çalışmada yer alınabileceği üzerine konuşuldu.

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI BAKAN YARDIMCISI DEMİRCAN'A EMO ANKARA ŞUBESİ'NDEN ZİYARET

EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Üyeleri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Bakan Yardımcısı Zaffer Demircan'ı 17 Eylül 2025 tarihinde makamında ziyaret etti. EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan, Başkan Yardımcısı Murat Subaşı, Yazman Tarık Atakul, Sayman Selçuk Topal, Yönetim Kurulu Yedek Üyesi Esra Sargın ve Enerji Komisyonu Başkanı Ömer Ramazan Taşkın tarafından gerçekleştirilen ziyarette EMO Ankara Şubesi faaliyetleri hakkında bilgilendirmelerde bulunuldu.

Ziyarette, EMO Ankara Şubesi Enerji Komisyonu tarafından hazırlanan Türk Enerji Birliği Raporu ve İspanya Elektrik İletim Sisteminde 2025 yılı Nisan ayında meydana gelen sistem çökmesini konu alan rapor, Demircan'a takdim edildi ve raporların içerikleri hakkında bilgilendirme yapıldı.



Elektrikli araç şarj istasyonlarının dağıtım şebekesine etkileri ve YG işletme sorumluluğu konusunda meslektaşlarımızın karşılaştığı sorunların da EMO Ankara Şubesi heyeti tarafından gündeme getirildiği görüşmede, Enerji Bakanlığı talimatıyla TEDAŞ Genel Müdürlüğü koordinasyonunda kurulan, EMO Ankara Şubesinin de içinde bulunduğu Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği Komisyonu'nun faaliyetleri ve yapılan çalışmaların geldiği son durum ile ilgili görüş alışverişinde bulunuldu.

HAZİNE VE MALİYE BAKANLIĞI BAKAN YARDIMCISI HATİPOĞLU'NA EMO ANKARA ŞUBESİ'NDEN ZİYARET



Hazine ve Maliye Bakanlığı Bakan Yardımcısı ve TürkTelekom Yönetim Kurulu Başkanı Dr. İsmail İlhan Hatipoğlu, EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan ve Üyemiz Konya Ticaret Odası Başkan Yardımcısı Lütfi Can Başaran tarafından makamında ziyaret edildi. 17 Eylül 2025 tarihinde gerçekleştirilen ziyarette EMO Ankara Şubesi'nin faaliyetleri ile ilgili bilgi verilerek, Telekomünikasyon alanındaki son gelişmelerle ilgili görüş alışverişinde bulunuldu.

EMO ANKARA ŞUBESİ 27/5 KOORDİNASYON KURULU TOPLANTISI YAPILDI

Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şubesi 27. Dönem 5. Koordinasyon Kurulu toplantısı, Şubeye bağlı İl ve İlçe Temsilciliklerinin katılımı ile 27 Eylül 2025 tarihinde, EMO Hizmet Binası'nda yapıldı.

İstiklal Marşı'nın okunması ve saygı duruşu ile başlayan toplantının açılış konuşmasını EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan yaptı. Konuşmasında Yönetim Kurulu çalışmalarından bahseden Aslan, Şubenin ilerleyen süreçlerde gerçekleştirmeyi planladığı hedeflerini aktararak, bu aşamada Temsilciliklerin rolünün ve öneminin altını çizdi. EMO Ankara Şubesi'nin coğrafi olarak EMO'nun en büyük şubesi olduğunu vurgulayan Aslan, tüm temsilciliklerdeki üyelerin beklentilerine cevap vermeye çabaladıklarını, bu anlamda temsilcilerin özverili çalışmalarından dolayı kendilerine teşekkür ettiğini belirtti. Toplantının verimli geçmesini temenni ederek konuşmasını sonlandıran Aslan'ın ardından Yönetim Kurulu Yazmanı Tarık Atakul, Şube Koordinasyon Raporu'nu sundu.

Temsilciliklerin raporlarının sunulması ve çalışmaları hakkında bilgilendirme yapılmasının ardından planlanan etkinlikler ve çalışmalar ile ilgili görüş paylaşımında bulunuldu. Temsilcilerin, bulundukları illerdeki üyelerin ve temsilcilik çalışmasına yönelik talep ve önerilerinin aktarmasının ardından toplantı, gündem doğrultusunda ilerleyerek son buldu. Toplantıya, Şube Başkanı Cevdet Aslan, Yazman Tarık Atakul, Sayman Selçuk Topal, Yönetim Kurulu Üyesi Musa Demir, Şube Müdürü Neşe Akkoç, Teknik Görevliler Eylem Selçuk Demir ve A. Samet Kızılkaya ile Temsilciler katıldılar.



Şube Güncesi

GAZİ ÜNİVERSİTESİ'NDE STANT AÇTIK



Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nün bölüm öğrencileri için 6 Ekim 2025 tarihinde düzenlediği oryantasyon programında EMO Ankara Şubesi tarafından Oda ve meslek tanıtımı amacıyla stant açıldı.

Bölüm tanıtımı, dersler, staj süreçleri ve öğrenci kulüpleri hakkında bilgilendirmelerin yapıldığı etkinlikte, EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Yazman Üyesi Tarık Atakul da bir sunum yaptı. Sunumunda TMMOB, EMO ve EMO-Genç ile ilgili bilgiler veren Atakul, EMO'nun "Üyelerin sorunlarını çözmek için çalışmak, Uzmanlık alanında ülke çıkarlarına uygun politikalar üreterek bunları savunmak, kamuoyu oluşturmak, ilgilileri uyarmak, Meslekle

ilgili standartları, normları, yönetmelik ve teknik şartnameleri, sözleşme tiplerini ve benzeri tüm bilimsel evrakın geliştirilmesi ve yenilerinin oluşturulması, Kanun, tüzük, ana yönetmelik ve yönetmeliklerin hazırlanması, değiştirilmesi konusunda birliğe ve resmi makamlara önerilerde bulunmak" ve daha birçok amacı olduğunu belirtti.

Sunumunda ilgili meslek disiplini öğrencisi mühendis adaylarının EMO'ya üye olduklarında sağlayabilecekleri avantajları ; "Mesleğin daha ilk yıllarına girişte danışabilecekleri her türlü bilgi ve deneyim, Mühendislik iş yeri staj ve aday mühendis konusunda destek, En önemlisi sektörün çeşitli alanlarında bilgi/tecrübe sahibi meslek büyükleri ile tanışma fırsatı, Düzenlenecek teknik geziler ile merak edilen kurum ve kuruluş hakkında görsel ve fiziksel bilgi edinme" olarak belirten Atakul, EMO'nun Meslek Odası olarak her zaman EMO-Genç'lerin yanında olduğunu söyledi.

EMO ANKARA ŞUBESİ'NDEN TÜRKSAT GENEL MÜDÜRLÜĞÜ'NE ZİYARET



EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan, Yönetim Kurulu Yedek Üyesi Buğra Ayan, Telekomünikasyon ve Uydu İletişim Komisyonu Başkanı Erkan Atasayar, komisyon üyesi ve TÜRKSAT kurum temsilcisi Muhammet Şükrü Küçük, TÜRKSAT E-Devlet Genel Müdür Yardımcılığına atanan Orhan Koca'ya hayırlı olsun ziyaretinde bulundu.

Ülkemizin bilişim altyapısının ve dijital dönüşümün üzerinde durulan görüşmede, dijital dönüşüm sürecinde siber güvenlik, yapay zekâ uygulamaları ve yatırımlarının stratejik önemini altı çizildi. Bilişim, Elektronik, Elektronik-Haberleşme ve Telekomünikasyon sektöründe çalışan mühendislerin sorunlarının aktarıldığı görüşmede bu sorunların çözümü üzerine görüş paylaşımın-

da bulunuldu. Görüşmede, EMO Ankara Şubesinin önümüzdeki dönem çalışmaları hakkında bilgilendirmelerde bulunularak, TÜRKSAT bünyesinde çalışan mühendislerin EMO ile ilişkilerin güçlendirilmesi yönünde fikir alışverişinde bulunuldu.

8. İÇ TESİSAT BULUŞMASI GERÇEKLEŞTİ

Türkiye’de iç tesisat sektörünün en önemli organizasyonu olan Ankara İç Tesisat Buluşması, bu yıl 8. kez düzenlendi. 1 Ekim 2025 tarihinde Meyra Palace Hotel’de düzenlenen etkinlikte EMO Ankara Şubesi de stant açarak yerini aldı, etkinliğe EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan, Şube Teknik Görevlisi Eylem Selçuk Demir ile üyelerimiz Emre Baysan ve Cengiz Erin katıldılar.

Başkent Doğalgaz ve Odaklı Grup iş birliğiyle ve "Tesisat Mühendisliği: Verimli ve Akıllı Isıtma" ana temasıyla düzenlenen 8. Ankara İç Tesisat Buluşması'nın açılışını, Başkent Doğalgaz Dağıtım A.Ş. Genel Müdürü Asım Yüksel yaptı. Yüksel konuşmasında "Sektörümüzün en önemli organizasyonlarından biri olarak gördüğümüz İç Tesisat Buluşması'nın 8. yılında, sektörümüzün değerli paydaşlarıyla bir araya gelmekten büyük bir mutluluk duyduğumu ifade etmek isterim. Bu yılın ana teması olan "Tesisat Mühendisliği: Verimli ve Akıllı Isıtma" bu kapsamında, günümüzde konutların, ticari işletmelerin ve kurumların ekonomik ve sağlıklı ısıtma ihtiyaçlarına yönelik çözümlerin konuşulmasının oldukça kıymetli ve faydalı olacağını düşünüyorum" dedi.

Etkinlik, DOSİDER, GAZBİR-GAZMER, KSBD, UTTMD, TESYÖN, ANDOSİAD, gibi sektörün önde gelen derneklerinin desteği, MMO ve EMO Ankara Şubesi'nin katılımıyla gerçekleşti. Etkinliğe, Başkent Doğalgaz Genel Müdürü Asım Yüksel, GAZBİR-GAZMER Genel Müdürü Mustafa Ali Akman, DOSİDER Yönetim Kurulu Başkanı Ekrem Erku, Başkent Doğalgaz İşletme Direktörü İlker Tınaz, Başkent Doğalgaz İç Tesisat Müdürü Mustafa Coşkun ve teknik ekipler de katılım sağladı. Başkent Doğalgaz yöneticileri, doğal gaz sektöründeki yenilikler ve Başkentgaz'ın yatırım planları, dijitalleşme ve saha çalışmaları hakkında bilgi vererek, sektör profesyonellerine yönelik önemli sunumlar gerçekleştirdi.

Etkinlik, DOSİDER, GAZBİR-GAZMER, KSBD, UTTMD, TESYÖN, ANDOSİAD, gibi sektörün önde gelen derneklerinin desteği, MMO ve EMO Ankara Şubesi'nin katılımıyla gerçekleşti. Etkinliğe, Başkent Doğalgaz Genel Müdürü Asım Yüksel, GAZBİR-GAZMER Genel Müdürü Mustafa Ali Akman, DOSİDER Yönetim Kurulu Başkanı Ekrem Erku, Başkent Doğalgaz İşletme Direktörü İlker Tınaz, Başkent Doğalgaz İç Tesisat Müdürü Mustafa Coşkun ve teknik ekipler de katılım sağladı. Başkent Doğalgaz yöneticileri, doğal gaz sektöründeki yenilikler ve Başkentgaz'ın yatırım planları, dijitalleşme ve saha çalışmaları hakkında bilgi vererek, sektör profesyonellerine yönelik önemli sunumlar gerçekleştirdi.

Etkinlikte, doğal gaz ve iklimlendirme sektörünün önde gelen temsilcileri, günümüzde işletmelerin, konutların ve kurumların ekonomik ve sağlıklı ısıtma ihtiyaçlarına yönelik çözümler sunarken, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konusunda en son teknolojileri tanıtıldı.



TEDAŞ GENEL MÜDÜR YARDIMCISI YAKUP AVAN'I ZİYARET ETTİK

EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan, Sayman Selçuk Topal, Yedek Üye Esra Sargin ve Enerji Komisyonu Başkanı Ömer Ramazan Taşkın, geçtiğimiz aylarda TEDAŞ Genel Müdür Yardımcılığı görevine atanan Elektrik Mühendisi Yakup Avan'ı tebrik etmek amacıyla makamında ziyaret etti. 29 Eylül 2025 tarihinde gerçekleştirilen ziyarette, EMO Ankara Şubesi çalışanları aktararak iki kurum arasında yürütülebilecek çalışmalar ile ilgili fikir alışverişinde bulunuldu.



Şube Güncesi

3. TÜRK DÜNYASI ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ZİRVESİ GERÇEKLEŞTİ



Türk Devletleri Teşkilatı üye ve gözlemci ülkelerinden gelen mühendislerin, “Teknoloji ve Mühendislik” teması altında bir araya geldiği zirvede, mühendislikte yeni teknolojiler, yenilikçi uygulamalar ve bilimsel gelişmeler ele alınarak Türk dünyasında iş birliğinin güçlendirilmesi hedeflendi. Türk Mühendisler Derneği tarafından 6-7-8 Ekim 2025 Tarihlerinde KKTC’de düzenlenen Zirveye EMO Ankara Şubesi adına Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan katıldı.

Konferansta, mühendislik alanındaki yeni teknolojiler, yenilikçi uygulamalar ve bilimsel gelişmeler irdelenerek Türk dünyasındaki iş birliğinin güçlendirilmesi ele alındı. Üç gün süren zirvenin kapanışına, KKTC Cumhurbaşkanı Ersin Tatar, Türk Devletleri Teşkilatı Aksakallar Konseyi Başkanı ve Türkiye Cumhuriyeti eski Başbakanı Binali Yıldırım ile çok sayıda yetkili katıldı.

Zirvenin kapanış konuşmasında KKTC Cumhurbaşkanı Ersin Tatar, Türk dünyası mühendislerini KKTC’de ve mühendislik eseri olan yeni Cumhurbaşkanlığı yerleşkesinde ağırlamaktan memnuniyet duyduğunu söyledi. Türk dünyasıyla yakın ilişkiler içinde olduklarını, KKTC’nin, ambargo ve izolasyonlara rağmen kalkınma ve gelişme yolunda ilerlediğini vurgulayan Tatar, Kıbrıs Türk halkının bağımsız ve refah içinde yaşaması için çalışmaya devam edeceklerini belirterek, Kıbrıs Türk mimar ve mühendislerinin de Türk dünyasında yer alacağına inandığını ifade etti.

Mühendisler Derneği Genel Başkanı Yaşar Yekebağcı ise konuşmasında, Ankara ve Kazakistan’ın ardından zirveyi KKTC’de yapmaktan mutluluk duyduklarını söyledi. Yekebağcı, mühendisliğin kalkınmadaki önemine dikkat çekerek Türk dünyası mühendislerini bir araya getirmeyi ve birlikte kalkınmayı hedeflediklerini belirtti.

Kapanışta konuşan Türkiye Kamu-Sen Genel Başkanı Önder Kahveci, mühendisliğin toplumları kındıran bir meslek olduğunu ifade ederek, Kıbrıs Türk halkının her zaman Türkiye’nin garantisi ve desteğiyle gelişmeye devam edeceğini söyledi.

Türk Devletleri Teşkilatı Aksakallar Konseyi Başkanı Binali Yıldırım ise, mühendisliğin ülkelerin kalkınmasında vazgeçilmez olduğunu vurgulayarak, Türkiye ve KKTC’nin son 20 yılında mühendislerin önemini açıkça gördüğünü söyledi. Yıldırım, federasyon görüşmelerinin sona erdiğini, artık Kıbrıs’ta iki devlet gerçeğinin kabul edilmesi gerektiğini ifade ederek, “Hiç kimse bizden şehitlerimizin kemiklerini sızlatacak adımlar atmamızı beklemesin” dedi. Yıldırım ayrıca Türk devletlerinin KKTC ile ilişkilerini güçlendirme kararı aldığını belirtti.

Zirve, konuşmaların ardından çekilen toplu fotoğrafla sona erdi.



EMO ANKARA ŞUBESİ'NDEN ENERJİ-SA DAĞITIM ŞİRKETİNE ZİYARET



EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan, EMO Gaziantep Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı İslim Arıkan ve üyemiz Tolga Tümer 24.10.2025 tarihinde, Enerjisa Enerji Dağıtım Şirketleri Genel Müdürü Oğuzhan Özsurekçi'yi makamında ziyaret etti.

İşletmelerde yüksek gerilim tesislerinin güvenli, verimli ve mevzuata uygun şekilde işletilmesi amacıyla "Yüksek Gerilim ve İşletme Sorumluluğu" başlıklı özel gündemli bir toplantının yapıldığı ziyarette; yüksek gerilim işletme sorumluluğunun teknik ve yasal boyutları, işletme güvenliği, personel yetkinliği, enerji sürekliliği ile iş sağlığı ve güvenliği açısından taşıdığı kritik önem üzerinde duruldu.

Sahadaki uygulamaların geliştirilmesine yönelik değerlendirmelerin yapıldığı ve iyi uygulama örnekleri paylaşıldığı toplantıda, yüksek gerilim işletme sorumluluğu alanında standartların yükseltilmesi ve uygulamaların yaygınlaştırılması amacıyla çalışmaların kararlılıkla sürdürülmesi için ortak adımların atılması yönünde iyi dileklerde bulunuldu.

ENERJİ, SAVUNMA VE İLETİŞİMDE MÜHENDİSLİĞİN YENİ ROTASI TARTIŞILDI

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi (SCÜ) CIGRE Öğrenci Kulübü ve EMO Ankara Şubesi iş birliği ile Enerji, Savunma ve İletişimde Mühendisliğin Yeni Rotası paneli düzenlendi. 100. Yıl Kültür Merkezi'nde 30 Ekim 2025 tarihinde düzenlenen panelde, enerji, savunma ve iletişim sektörlerindeki güncel gelişmeler ile mühendislik disiplinlerinin gelecekteki yönelimleri ele alındı.

Açılış konuşmalarını SCÜ Mühendislik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Nevcihan Gürsoy ve SCÜ CIGRE Öğrenci Kulübü Akademik Danışmanı Dr. Öğr. Üyesi Mikail Pürlü'nün yaptığı panelde, teknolojik ilerlemenin mühendisliğe etkileri, üniversite-sanayi iş birliğinin önemi ve öğrencilere yönelik bu tür etkinliklerin mesleki gelişime katkısı vurgulandı.

Panelin moderatörlüğünü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Hülya Doğan yaparken, EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Yedek Üyesi ve Chint Yenilenebilir Enerji İş Geliştirme Müdürü Esra Sargın, EMO Ankara Şubesi Enerji Komisyonu Başkanı Ömer R. Taşkın, EMO Ankara Şubesi Telekomünikasyon Komisyonu Başkanı Erkan Atasayar ve Aselsan Sivas Termal Sistemler Üretim Müdürü Ufuk Sazaklı panelist olarak yer aldı.

Panelistlerin, enerji sektöründeki yenilikler, savunma sanayisinde yerli üretim ve teknolojik gelişmeler, iletişim alanındaki dönüşüm süreçleri ve mühendisliğin geleceğine dair önemli değerlendirmelerde bulunduğu panelin sonunda, öğrenciler sektör ve EMO temsilcilerine sorular yönelterek merak ettikleri konuları tartışma fırsatı buldu.

Etkinlik, konuşmacılara teşekkür belgelerinin takdimi ve toplu fotoğraf çekimiyle sona erdi.



Şube Güncesi

GAZİ ÜNİVERSİTESİ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİNDE EMO VE EMO-GENÇ ANLATILDI

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü 1. Sınıf öğrencilerine yönelik, 4 Kasım 2025 tarihinde EMO ve EMO-Genç tanıtımı yapıldı. EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Yedek Üyesi Esra Sargın, Şube Teknik Görevlisi A. Samet Kızılkaya ve EMO-Genç Üyesi Hüseyin Ünal'ın katıldığı etkinliğe Fakültenin Elektrik Elektronik Bölümü, Bölüm Başkanı Prof. Dr. Şevki Demirbaş ve Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ramazan Bayındır ev sahipliği yaptı. Esra Sargın'ın TMMOB ve EMO hakkında, Hüseyin Ünal'ın ise EMO-Genç hakkında sunum yaptığı etkinlikte, EMO Ankara Şubesi'nin faaliyetleri ve çalışma perspektifi ile ilgili bilgiler verildi. Etkinlik katılımcılara Teknoloji Fakültesi Dekanlığı adına teşekkür belgelerinin verilmesi ile son buldu.



EMO ANKARA ŞUBESİNDEN ENERJİ İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ'NE ZİYARET



Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Genel Müdür Yardımcısı Dr. Ramazan Usta, EMO Ankara Şubesi üye ve yöneticilerinden oluşan bir heyet tarafından makamında ziyaret edildi. 18 Kasım 2025 tarihinde gerçekleşen ziyarete, EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan, YK Yedek Üyesi Salih Berkan Ateş, Enerji Komisyonu Başkanı Ömer Ramazan Taşkın ve Üyelerimiz Aykut Açıkgoz, İbrahim Önal ile Mustafa Erkeç katıldılar. Enerji sektöründeki son gelişmeler hakkında fikir alışverişinin yapıldığı ziyarette EMO Ankara Şubesi çalışmalarını hakkında da bilgilendirmelerde bulunuldu.

EMO ANKARA ŞUBESİNDEN ULAK A.Ş.'YE ZİYARET

EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan, Başkan Yardımcısı Murat Subaşı, Şube Yedek Denetçisi Hüseyin Aktürk ve Kurum temsilcisi üyemiz Ahmet Çakar 20 Kasım 2025 tarihinde ULAK AŞ. Genel Müdürü Dr. R. Ruşen Kömürcü'yü makamında ziyaret etti.

Kömürcü'nün Mobil 5G teknolojisi üzerinde geliştirilen yerli ve milli tasarım ve çözümler ile ilgili ULAK Haberleşme A.Ş. tarafından yapılan çalışmalarını aktardığı ziyarette, EMO Ankara Şubesi çalışmalarından da bahsedilerek, eğitim, seminer, teknik gezi ve benzeri konularda Şube ile yapılabilecek işbirliği konuları değerlendirildi.





EMO-GENÇ ÜYELERE YÖNELİK ENERJİ ÇALIŞTAYI DÜZENLENDİ

Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şubesi ve Cengiz Enerji işbirliği ile mesleğe adım atmaya hazırlanan öğrenci üyelere yönelik olarak Enerji Çalıştayı Düzenlendi. EMO Ankara Şubesinin ve Cengiz Enerji ile birlikte hayata geçirmeyi planladığı "ReAktör" programının ilk aşaması olan Çalıştay 8 Kasım 2025 tarihinde Ankara'da gerçekleşti.

Ankara'daki 11 üniversitenin Elektrik-Elektronik Mühendisliği öğrencilerine iş hayatına hazırlanırken mentörlük desteği, tesis ziyaretleri, gerçek saha deneyimi ve mühendislik uygulamalarını yerinde gözlemleme imkânı sunmak amacıyla planlanan "ReAktör" programı kapsamındaki çalıştaya, Ankara, Ankara Bilim, Ankara Yıldırım Beyazıt, Gazi, Hacettepe, ODTÜ, Ostim Teknik, Türk Hava Kurumu, Bilkent, TED, TOBB Etü'nün Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümü öğrencileri katıldı.

ReAktör Programı, genç mühendislere mentörlük ve saha deneyimi sunuyor.

Üniversite-sanayi iş birliğinin bir örneği olarak tasarlanan "ReAktör", genç mühendislerin sınıf ortamında edindikleri teorik bilgiyi sahada uygulamalı olarak deneyimleme fırsatı sunuyor. Yaklaşık 100 öğrencinin katılımıyla Ankara'da düzenlenen açılış çalıştayında; geleceğin enerji aktörleri, Cengiz Enerji profesyonellerinin de katkılarıyla takımlar halinde projeler geliştirdi ve interaktif sunumlar gerçekleştirdi.

'Amaç Üniversite-Sanayi İş Birliğini Gerçek Bir Gelişim Platformuna Dönüştürmek'

Çalıştaya katılan Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan mesleki gelişimi yalnızca mezuniyet sonrasına bırakmayan bir yaklaşımı benimsediklerini ifade ederek "ReAktör programı, öğrencilerin teorik bilgilerini uygulamayla birleştirme, profesyonel mentörlük alma ve çalışma ortamlarını yerinde deneyimleme fırsatı sunuyor. Bu iş birliğinin Türkiye'nin enerji dönüşümüne nitelikli insan kaynağı kazandıracağına inanıyoruz." dedi. Ko-

nuşmasında gençlere seslenen Aslan, "'Ideathon' formatında gerçekleştirilecek bu etkinlikte sizlerden beklentimiz, sadece bir çözüm üretmek değil, yeni fikirler geliştirmek ve fark yaratmaktır. Çünkü biz biliyoruz ki geleceğin mühendisi; ezberleyen değil, düşünen, sorgulayan ve üreten mühendistir. Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şubesi olarak önceliğimiz, genç meslektaşlarımızın yalnızca bugünün değil, yarının mühendislik ekosistemini de inşa etmeleridir. Bugün burada ortaya çıkacak her fikir, ileride bir girişime, bir patente ya da ülkemizin teknolojik dönüşümünü hızlandıracak bir projeye dönüşebilir. Unutmayınız ki her büyük değişim bir fikirle başlar." diye konuştu.

'Genç mühendislerinin enerjisi, Türkiye'nin geleceğini şekillendirecek'

Etkinlikte, geleceğin mühendisleri ile bir arada olmaktan mutluluk duyduklarını anlatan Cengiz Enerji İcra Kurulu Üyesi Mustafa Eskiçırak, "Enerji sektörü, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinde kritik bir rol üstleniyor. Biz de bu dönüşümün merkezinde yer alacak genç mühendislerin, bilgiye dayalı, üretken ve yenilikçi bir bakış açısıyla yetişmesini önemsiyoruz. ReAktör programıyla öğrencilerin sahayı tanımasını, proje geliştirmesini ve özgüven kazanmasını hedefliyoruz. Genç mühendis adaylarının geleceğin enerji vizyonunu şekillendirecek güce sahip olduğuna inanıyoruz." dedi.

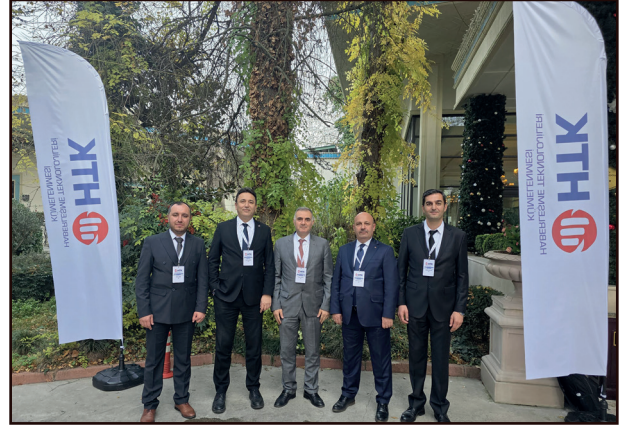
Etkinlik sonunda öğrencilere sertifikaları dijital ortamda sunulurken, dereceye giren isimlere ödülleri takdim edildi. ReAktör projesinin ikinci aşamasında mentor-mentee eşleşmeleri yapılacak ve özellikle yenilenebilir enerji alanında projeler üretmeleri teşvik edilecek. Ayrıca Cengiz Enerji'nin üretim tesislerine teknik ziyaretler gerçekleştirilerek öğrencilere gerçek iş ortamını deneyimleme imkânı sağlanacak.



2. MİLLİ HABERLEŞME ÜRÜNÜ ÇALIŞTAYI DÜZENLENDİ

Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi (HTK) tarafından 2. Milli Haberleşme Ürünü Çalıştayı düzenlendi. Türkiye'nin haberleşme teknolojilerinde yerleşme ve stratejik bağımsızlık hedeflerinin tartışıldığı çalıştay, 6 Aralık 2025 tarihinde Sakarya'da gerçekleştirildi, çalıştaya EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan, Telekomünikasyon ve Uydu İletişimi Komisyonu Başkanı Erkan Atasayar, komisyon üyeleri Hüseyin Aktürk ve Emre Şener ile Üyemiz Aykut Açıkgoz katıldı.

Çalıştayda, kamu kurumları, özel sektör operatörleri, yerli üreticiler ve akademi dünyasını bir araya getirecek, 5G ve ötesi teknolojilere geçişte Türkiye'nin dijital yol haritası değerlendirildi. Çalıştayı açılışında, Ulaştırma ve Altyapı Bakan Yardımcısı Osman Boyraz, Ulaştırma ve Altyapı Bakan Yardımcısı Dr. Ömer Fatih Sayan, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) Başkanı Ömer Abdullah Karagözoğlu, HTK Yönetim Kurulu Başkanı Dr. Ruşen Kömürcü ve OSTİM Yönetim Kurulu Başkanı Orhan Aydın ile Medipol Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Hüseyin Arslan açıklamalarda bulundu. Konuşmacılar, haberleşme teknolojilerinde dışa bağımlılığın azaltılmasının salt ekonomik bir tercih değil, doğrudan bir milli güvenlik meselesi olduğuna vurgu yaptı.



ULAK HABERLEŞME'DE ÜYE TOPLANTISI YAPILDI



ULAK Haberleşme'de çalışan üyelerimiz ile 28 Kasım 2025 tarihinde üye toplantısı düzenlendi. EMO Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı Cevdet Aslan, Telekomünikasyon ve Uydu İletişimi Komisyonu Başkanı Erkan Atasayar ve komisyon üyesi Emre Şener'in katıldığı toplantıda, EMO Ankara Şubesi çalışmalarından bahsedilirken, 5G ve yeni iletişim teknolojileri ile afet durumunda iletişimin sürdürülebilmesi için geliştirilen çözümler hakkında fikir alışverişinde bulunuldu. Üyelerimize EMO Ankara Şubesinin haber bültenleri tanıtılarak, teknik yazılar ve raporlar hakkında bilgiler aktarıldı.

SARIYAR BARAJI'NA TEKNİK GEZİ DÜZENLENDİ

OSTİM Teknik Üniversitesi öğrencisi EMO-Genç üyelerimize yönelik olarak, 27 Kasım 2025 tarihinde Sarıyar Barajı'na teknik gezi düzenlendi. Üniversitenin Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde eğitim gören yaklaşık 40 öğrencinin katıldığı gezip öğrenciler, Sakarya Nehri üzerinde kurulmuş ve 1956 yılından beri, 70 yıldır, faaliyet gösteren ülkemizin ilk büyük HES (Hidroelektrik Santrali) barajını yakından gözlemleme ve HES'ler ile ilgili merak edilenleri sahada öğrenme fırsatı buldular.



Şube Güncesi

EMO ANKARA ŞUBESİ: KAMU MÜHENDİSLERİNİN DIŞLANDIĞI ZAM TEKLİFLERİ KABUL EDİLEMEZ!

EMO Ankara Şubesi tarafından 3 Aralık 2025 tarihinde yapılan “Kamu Mühendislerinin Dışlandığı Zam Teklifleri Kabul Edilemez!” başlıklı açıklamada, “Kamunun belli kadrolarına yönelik olarak yapılması planlanan ücret artışı, yıllardır derinleşen ücret adaletsizliğini daha da büyütmekte, iş barışını bozmakta ve mühendislik mesleğinin önemini, değerini yok sayan kabul edilemez bir tablo ortaya çıkarmaktadır.” denildi. Açıklamanın tam metni haberimizin devamındadır.

KAMU MÜHENDİSLERİNİN DIŞLANDIĞI ZAM TEKLİFLERİ KABUL EDİLEMEZ!

Kamu personelinin ücret artışlarına yönelik olarak yapılması öngörülen artışların adil bir biçimde planlanması, kamunun tüm kademelerinde çalışan personele ücret artışı yapılması elzemdir. Kamunun teknik yükünü omuzlarında taşıyan mühendisler de kariyer uzmanlarına, daire başkanlarına, genel müdürlere ve hatta uzun süredir atıl durumda bulunan müşavir kadrolarına yapılan zam tekliflerine dahil edilmelidirler.

Kamunun belli kadrolarına yönelik olarak yapılması planlanan ücret artışı, yıllardır derinleşen ücret adaletsizliğini daha da büyütmekte, iş barışını bozmakta ve mühendislik mesleğinin önemini, değerini yok sayan kabul edilemez bir tablo ortaya çıkarmaktadır.

Bu yaklaşımın sonuçları;

- Üst düzey idari ve kariyer uzman kadrolarına yapılan iyileştirmeler olumlu olmakla birlikte, mühendislerin dışarıda bırakılması ücret piramidini bozmakta ve mühendisler ile diğer kadrolar arasındaki ücret makasının hızla açılmasına neden olmaktadır.
- Aynı kurumda benzer sorumluluk ve iş yüküne sahip bir kariyer uzmanı ile mühendisin arasındaki maaş farkı, kabul edilemeyecek seviyelere ulaşmaktadır.
- Birçok kamu kurumunda projelerin teknik yüklenicisi ve uygulayıcısı olan mühendisler, idari kadroların neredeyse yarısı kadar bile gelir elde edemez hale gelmektedir.
- Bu durum hem mesleki motivasyonu ciddi biçimde zayıflatmakta hem de nitelikli teknik personelin özel sektöre geçişini artırarak kamunun kurumsal kapasitesini zayıflatmaktadır.

Bu Çelişki Neden Bu Kadar Önemli?

Mühendisler; altyapıdan enerjiye, çevreden bilişime, ulaşımdan su yönetimine kadar onlarca kritik kamu hizmetinin:

- Planlayıcısı,

- Uygulayıcısı,
- Denetleyicisi,
- Proje yöneticisi konumundadır.

Bir mühendis olmadan proje üretilemez, yatırım tamamlanamaz, kamu kaynakları etkin kullanılmaz.

- Artan sorumluluklara,
- Büyüyen iş yüküne,
- Yüksek teknik risklere

rağmen mühendislerin maaşı birçok memur grubunun gerisine düşmüştür.

Talebimiz Açıktır ve Geciktirilmemelidir

Yapılacak iyileştirmeler yalnızca belirli unvan gruplarını değil; kamunun teknik belkemiğini oluşturan mühendisleri de kapsamalıdır.

Bu doğrultuda:

- Mühendislik Hizmetleri Sınıfı için ayrı, güçlü ve anlamlı bir ücret düzenlemesi yapılmalıdır.
- Mühendis maaşları; kariyer uzmanları, daire başkanları ve üst yönetim kadroları ile oluşan uçurumu kapatacak şekilde yeniden düzenlenmelidir.
- Yapılacak tüm artışlar kalıcı olmalı ve emekliliğe yansıtılmalıdır.
- Merkezi ve yerel yönetimlerde çalışan tüm mühendisler kapsama alınmalıdır.

Kamu mühendislerinin yok sayıldığı bir düzenleme, sadece bir meslek grubunu değil, kamu hizmetinin kalitesini ve ülkenin geleceğini zayıflatır.

Adil, dengeli ve sürdürülebilir bir ücret politikası; mühendislik emeğine duyulan saygının en temel göstergesidir.

Kamuoyuna saygıyla duyurulur.

3.12.2025

EMO Ankara Şubesi 27. Dönem Yönetim Kurulu



24.11.2025

ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
TMMOB
ANKARA ŞUBESİ

“Öğretmenler! Cumhuriyet: fikren, ilmen, fennen, bedenen kuvvetli ve yüksek seciyeli muhafızlar ister. Yeni nesli bu nitelik ve kabiliyetle yetiştirmek sizin elinizdedir.”

Atatürk

Öğretmenler Günü Kutlu Olsun

emoankarasubesi in emonankarasubesi

emoankarasubesi in emonankarasubesi

DÜNYA KADIN HAKLARI GÜNÜ KUTLU OLSUN

“Bir toplum, bir millet erkek ve kadın denilen iki cins insandan oluşur. Mümkün müdür ki, bir kitlenin bir parçasını ilerletelim diğerini görmezlikten geelim de kitlenin tümü ilerlemeye imkân bulabilsin? Mümkün müdür ki bir toplumun yarısı topraklara zincirlerle bağlı kaldıkça diğer kısmı göklere yükselebilsin? Şüphesiz, ilerleme adımları, dediğim gibi iki cins tarafından beraber, arkadaşça atılmak ve ilerleme ve yenileşme sahasına birlikte kesin aşamalar yaptırmak lazımdır. Böyle olursa inkılap başarılı olur.”

Atatürk



ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
TMMOB
ANKARA ŞUBESİ

emoankarasubesi in emonankarasubesi

05.12.2025

05.12.2025

5 Aralık

Dünya Mühendisler Günümüz Kutlu Olsun

ANKARA ŞUBESİ

emoankarasubesi in emonankarasubesi

emoankarasubesi in emonankarasubesi



ANKARA ŞUBESİ

AFYONKARAHİSAR İL TEMSİLCİLİĞİ
AKSARAY İL TEMSİLCİLİĞİ
AKŞEHİR İLÇE TEMSİLCİLİĞİ - KONYA
ÇANKIRI İL TEMSİLCİLİĞİ
EREĞLİ İLÇE TEMSİLCİLİĞİ - KONYA
ERZİNCAN İL TEMSİLCİLİĞİ
ERZURUM İL TEMSİLCİLİĞİ
KASTAMONU İL TEMSİLCİLİĞİ
KAYSERİ İL TEMSİLCİLİĞİ
KIRIKKALE İL TEMSİLCİLİĞİ
KIRŞEHİR İL TEMSİLCİLİĞİ
KONYA İL TEMSİLCİLİĞİ
NEVŞEHİR İL TEMSİLCİLİĞİ
POLATLI İLÇE TEMSİLCİLİĞİ - ANKARA
SİVAS İL TEMSİLCİLİĞİ
ŞEREFLİKOÇHİSAR MESLEKİ DENETİM BÜROSU - ANKARA
TOKAT İL TEMSİLCİLİĞİ
YOZGAT İL TEMSİLCİLİĞİ

TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI ANKARA ŞUBESİ

Kızılay Mah. İhlamur Cad. No:10 Çankaya Ankara, Türkiye Telefon: +90 312 231 44 74 Faks: +90 312 232 10 88



ankara.emo.org.tr



ankara@emo.org.tr



[emoankara](https://www.instagram.com/emoankara)



[emoankarasubesi](https://www.youtube.com/emoankarasubesi)



[emoankarasubesi](https://www.linkedin.com/company/emoankarasubesi)