Denizcilikte Kullanılan Elektrik Kabloları

Öğr.Gör. Dr. İbrahim Tamer EMECAN[1]

Öğr.Gör. Dr. Birkan DURAK[2]

[1] İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Sualtı Teknolojisi Programı, emecan@iuc.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4312-7947
[2] İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Uçak Teknolojisi Programı, birkand@iuc.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-8196-5407
*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: İbrahim Tamer EMECAN, emecan@iuc.edu.tr

ÖZET

Günümüzde elektriğin yaşamın her alanına yayılmış olması, enerji kaynaklarının sürekli ve güvenilir olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu durum özellikle ulaşım, iletişim ve endüstriyel faaliyetlerin deniz ortamında gerçekleştirilmesinde daha da kritik hâle gelmiştir. Elektrik enerjisi, ısıtma, soğutma, haberleşme, otomasyon, tahrik sistemleri ve güvenlik gibi birçok sistemin temelini oluşturduğundan, denizcilik sektörü için vazgeçilmezdir. Ancak kara ortamına kıyasla deniz ortamında karşılaşılan yüksek nem, tuzluluk, sıcaklık farkları, korozyon ve yangın riski gibi etkenler, bu sistemlerin özel olarak tasarlanmasını ve uygulanmasını gerektirir. Bu bağlamda, denizcilikte kullanılan elektrik sistemleri, yalnızca elektriksel verimlilik değil, aynı zamanda dayanıklılık, güvenlik ve uluslararası standartlara uygunluk açısından da değerlendirilmelidir.

Çağımızın en önemli enerji kaynağı elektriktir. Elektrik, elektrik akımı, elektron akımı, gerilim ve güç gibi temel elektrik kavramları bilinmeden elektrik anlaşılamaz. Çağımızın en önemli enerji kaynağı olan elektriğin iletilmesinde kullanılan ana malzeme kablolardır. Elektrik kabloları iletkenlerden yapılan ve üzeri yalıtkan kaplı olan bir malzemedir. Bu malzeme çeşitli materyallerden yapılabilir. Elektrik kabloları yapacağı işe göre değişik tiplerde ve özelliklerde olmaktadır.

Elektrik enerjisi, denizcilik ve sualtı sanayiinde güvenli, sürekli ve çevreye uygun şekilde kullanılmalıdır. Elektrik sistemleri, yüksek güvenlik, dayanıklılık ve uluslararası standartlara uygunluk temelinde tasarlanmalıdır. Deniz ortamına özel kablo seçimi, gemi güvenliği ve işletme verimliliği için kritik önemdedir.

Bu çalışmada öncelikle elektrik enerjisi ve kullanımı hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ardından elektriğin denizcilikte, sualtı sanayiinde kullanılma yöntemleri tanıtılmış ve iletiminde kullanılan kabloların sahip olması gereken özellikler ve standartlar anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Elektrik, Denizcilik, Kablo, Gemi Elektriği, Sualtı sanayii

GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin verimli ve yaygın kullanılması çok önemlidir. Bunun olabilmesi için verimli ve sürekli enerji ihtiyacı bulunmaktadır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan enerji çeşidi ise elektriktir. Elektrik enerjisi hayatımızın her anında kullanılmaktadır. Kullanım alanları ısınma – soğutmadan tutun madenleri işleme ve ulaşıma kadar her alanda kullanılmaktadır. Kullanılan elektriğin kullanım alanlarına göre voltajı, amperi ve akım çeşidi değişiklik göstermektedir. Elektrik enerjisi kara ortamında kullanıldığı gibi deniz ve sualtı ortamında da kullanılmaktadır. Deniz ortamında ve sualtı ortamında elektrik kullanımı kara ortamındaki

kullanımdan farklılık göstermektedir. Bu farklılıkları anlayabilmemiz için ilk önce temel kavramları bilmemiz gerekir.

Atomlar maddenin en küçük yapı taşıdır, çekirdek ve elektronlardan oluşur. Atomlar temel olarak üç parçadan oluşur, bunlar;

1-) Proton (+) yüklü
2-) Nötron (yüksüz nötr yüklü)
3- elektron (-) yüklü

Çekirdekte pozitif yüklü protonlar bulunur. Negatif yüklü elektronlar ise çekirdeğin etrafında belirli enerji seviyelerindeki yörüngelerde dönerler.

Maddelerin temel yapı taşlarını oluşturan atomların içindeki elektronların hareketinden kaynaklanan bir enerji açığa çıkar. Bu potansiyel farkından dolayı açığa çıkan enerjiye de elektrik denir. Basitçe söylemek gerekirse atomların içinde dönen elektronların, bir iletken içerisinden akarkenki hareketi sırasında ortaya çıkan enerjiye elektrik denir. Bu elektriğin bir iletkenden geçişine ise akım denir.

Elektronların Hareketi: Elektronlar, belirli koşullar altında yörüngelerinden koparak başka atomlara geçebilirler. İşte bu elektronların düzenli bir şekilde bir noktadan başka bir noktaya akışı elektrik akımını oluşturur.

Elektrik Akımı: Elektrik akımı, genellikle bir iletken (metal gibi) içindeki serbest elektronların hareket etmesiyle oluşur. Bu hareket, bir elektrik potansiyel farkı (voltaj) sayesinde gerçekleşir.

Elektron akımı: Negatif yüklü elektronların hareket yönünü ifade eder. Elektrik akımı ise tarihsel olarak pozitif yük akışı yönünde tanımlanmıştır. Bu nedenle akım yönü, elektronların hareket yönüne zıttır. Elektronlar negatif kutuptan pozitif kutba doğru hareket ederken, elektrik akımınında pozitiften negatife doğru olduğu kabul edilir. Bu fark teorik hesaplamalarda yön belirlemede önemli olmakla birlikte, büyüklük açısından herhangi bir fark oluşturmaz. Elektron akımı kavramı, mikroskobik düzeydeki fiziksel hareketi tanımlarken; elektrik akımı kavramı ise makroskobik mühendislik hesaplamalarını temsil etmektedir.

Enerji (E), güç (P), gerilim (V), akım (I), ve direnç (R) elektrikte kullanılan temel kavramlardır.

Bu kavramlar arasındaki ilişkiler, elektriksel sistemlerin analizinde kullanılır.

Gerilim (V): Birim yükü bir noktadan diğerine taşımak için gereken potansiyel farkıdır. Birimi volttur (V).

Akım (I): Bir iletkenden birim zamanda geçen yük miktarıdır. Amper (A) cinsinden ölçülür.

Direnç (R): Kullanılan malzemenin elektron akışına karşı gösterdiği zorluktur. Birimi ohm (Ω)'dur.

Güç (P): Elektrik enerjisinin birim zamanda harcanma veya üretilme hızıdır. Watt (W) birimiyle ifade edilir.

Enerji (E): Gücün zamana bağlı olarak birikimidir. E = P × t bağıntısıyla hesaplanır.

Yukarıda bahsedilen büyüklükler arasındaki en temel ilişki "Ohm Kanunu" ile gösterilir. Ohm kanunu, 1827 yılında Alman fizikçi Georg Simon Ohm tarafından formüle edilmiştir. Ohm kanuna göre bir iletkenden geçen akım, uygulanan gerilimle doğru, dirençle ters orantılıdır. Formülize edecek olursak olarak I = V / R şeklinde gösterilir. Ohm kanunu, elektrik devrelerinin en temel analiz yöntemidir. Ohm kanunu, herhangi bir devredeki akım, gerilim ve direnç arasındaki ilişkiyi orantısal olarak açıklar. Aynı zamanda elektriksel güç de P = V × I olarak tanımlanır. Bu sayede hem verimlilik hem de enerji hesapları yapılabilir.

Doğru Akım (DC) ve Alternatif Akım (AC) Sistemleri

Elektrik akımı iki temel biçimde incelenir: "doğru akım (DC)" ve "alternatif akım (AC)". Doğru akımda elektronlar sabit bir yönde hareket eder. Piller ve bataryalar DC enerji kaynaklarına örnektir. Alternatif akımda ise akım yönü ve büyüklüğü zamanla periyodik olarak değişir. Şebeke elektriği (örneğin 50 Hz frekanslı) AC akımdır.

AC sistemler, enerji iletiminde daha verimli olduğu için tercih edilir. Transformatörler aracılığıyla gerilim seviyesi kolayca değiştirilebilir. AC sistemlerde çoğunlukla mavi kablo canlı (akımın) ucu kahverengi kablo da devreyi tamamlayacak olan nötr ucu gösterir. Şekil 1 de bir elektrik kablosu gösterilmiştir.



Şekil 1: Elektrik kablosu

Elektrik Güvenliği ve Topraklama

İnsan sağlığı ve ekipman koruması açısından, elektrik sistemlerinin güvenliği, büyük önem taşımaktadır. Kaçak akımlar, kısa devreler ve yanlış izolasyon ciddi kazalara sebep olabilir. Bu yüzden elektrik güvenliği standartları (örneğin IEC 60364) dikkatle uygulanmalıdır.

Kaçak akımları toprağa yönlendirmek ve elektriksel potansiyel farkları önlemek için topraklama kullanılır. Koruma topraklaması, yıldırımdan korunma ve kaçak akım röleleri sistemin güvenli çalışmasını sağlar. Ayrıca, yalıtım malzemeleri ve sigorta cihazları aşırı akım durumlarında devreyi keserek sistemin zarar görmesini önler. Topraklama kablosu ise sarı üstünde yeşil renkte olur. Şekil 2 de bir topraklama kablosu verilmiştir.



Şekil 2: Topraklama kablosu

Elektriğin Kullanım Alanları

Günümüzde en sık kullanılan ve en önemli enerji kaynağı elektriktir. Günlük hayatımızın hemen hemen her anında elektrik kullanırız. Aydınlatma, ısıtma, soğutma, sağlık, iletişim, ulaşım, sanayi ve daha birçok alanda elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Örneğin fizik tedavide çok düşük voltajlı ve amperli elektrik kullanılmaktadır, dişimizi fırçalarken elektrikli diş fırçaları kullanıyoruz. Artık dünya elektrik enerjisi ile çalışan arabalara geçiş yapıyor. Bunlar gibi daha birçok örnek verebiliriz. Bizim buradaki amacımız sualtı sanayiinde elektriği kullanma yöntemlerimizi tanıtmak ve onlardan bahsetmek olacaktır. Elektrik kullanımında maddelerin iletkenliği konusunda bilgi sahibi olmak gerekir.

İletkenlik

Maddeler elektrik akımını iletme (elektron hareketine göre) durumuna göre üçe ayrılmaktadır.

İletkenler: Elektrik akımına çok az direnç gösteren maddeler. Bakır kablolar

Yarı iletkenler: Özel durumlar ve müdahalelerle elektrik akımına izin veren maddeler. Transistörler

Yalıtkanlar: Elektrik akımına yüksek direnç gösteren maddeler. Tahta

Elektrik enerjisini kullanmak için en çok iletkenler kullanılır. İletkenlerin güvenilir bir şekilde kullanılabilmesi için yalıtkan malzeme ile kaplanması gerekir.

Denizde kullanılan elektrik kabloları

Deniz ortamı aşırı nemli, yağlı, tuzlu ve ~~korozyonun aşırı~~ (korozif etkilerin fazla) olduğu ortamlardır. Denizde her zaman malzemeye ve karasal imkanlara ulaşma durumu olmayabilir. Bu sebeplerden dolayı denizcilikte kullanılan elektrik kabloları, deniz ortamının zorlu koşullarına dayanacak şekilde özel olarak tasarlanmalıdır. Bu kablolar, karasal (normal) elektrik kablolarına göre farklı yapısal ve kimyasal özelliklere sahiptir. Denizcilikte kullanılan elektrik kabloları kullanıldığı yere göre de özelliği değişmektedir. Örneğin gemilerin makine dairesinde kullanılan elektrik kabloları yağa, kimyasala ve ısıya karşı dayanıklı olmalıdır. Fakat güvertede kullanılan elektrik kabloları ise UV (güneş ışığına), soğuğa ve tuzlu suya dayanıklı olmak zorundadır. Aşağıda denizcilik kablolarının temel özellikleri ve normal kablolardan farkları listelenmiştir.

Denizcilikte Kullanılan Elektrik Kablolarının Özellikleri

Su ve Neme Dayanıklılık

Denizde aşırı nem olmaktadır. Ayrıca deniz ortamında kabloların ve diğer malzemelerin suyla teması çok fazla olmaktadır. Denizde kullanılacak kablolar, yüksek nem oranına ve doğrudan tuzlu suya maruz kalmaya karşı korumalıdır. Genellikle *su geçirmez dış kılıflarla* kaplanır (örneğin: XLPE, EPR, halojensiz özel kılıflar).

Tuzlu Su Korozyonuna Dayanıklılık

Deniz suyu tuzlu olması ve deniz üzerinde olan her maddenin tuzlu suyla teması olduğu için korozyon meydana gelmektedir. Bu korozyon özellikle metallerde daha fazla olmaktadır. Kablo içinde kullanılan iletkenler (genellikle kalaylı bakır) ve dıştaki yalıtkan kılıf tuzlu suyun oluşturduğu korozyona karşı dayanıklıdır.

Alev Geciktirici ve Yangına Dayanıklı

Yangın sırasında alev yayılımını önleyici (flame-retardant) özellik taşır. Ayrıca, bazı deniz kabloları yangın anında çalışmaya devam etme (fire-resistant) özelliğine de sahiptir.

Halojensiz ve Düşük Duman Yoğunluklu (LSZH/LSOH)

Herhangi bir yangın esnasında zehirli gaz salmayan, insan ve elektronik ekipmanlar için güvenli kablolardır.

Esneklik ve Mekanik Dayanıklılık
Gemilerde dar alanlardan geçme, titreşim, hareket ve bükülmelere karşı daha esnek ve dayanıklıdır.

UV ve Yağa Dayanıklılık
Güneş ışığına (UV) ve kimyasallara (özellikle yağlara ve yakıtlara) karşı dayanıklıdır.

Uluslararası Sertifikalara Uygunluk

Genellikle şu sınıflara göre üretilir: IEC 60092 () (Denizcilik elektrik kabloları standardı) veya BS 6883, NEK 606, IEEE 1580, DNV, ABS, BV gibi klas kuruluşlarının onayları gerekir.



Şekil 3: Su sızdırmaz uzatma kablosu

Ayrıca uluslararası denizcilikle ilgili denetleme kuruluşları (IMO, Türk Loydu, DNV, RINA vb.) denizde kullanılacak gemilerin ayrı bölümleri için (güverte, makine dairesi, köprü üstü vb.) farklı özellikte kablolar istemektedir. Gemilerin türlerine göre de kabloların özellikleri değişmektedir. Tablo 1 de Denizcilik ve karasal kablolar çeşitli özellikleri açısından karşılaştırılmıştır.

Tablo 1: Denizde Kullanılan Kabloların Normal Kablolardan Farkları

Özellik	Denizcilik Kabloları	Karasal Kablolar
Nem/Su Koruması	Su geçirmez ve nem korumalı	Genelde sadece iç mekan nemine dayanıklı
Tuzlu Su Korozyon Direnci	Yüksek (kalyanlı bakır vs.)	Yok veya düşüktür
Yangın Dayanımı	Alev geciktirici, halojensiz	Her zaman değil
Kimyasal Dayanım	Yağa, yakıta, UV'ye dayanıklı	Sınırlı dayanım
Esneklik	Daha yüksek esneklik	Düşük esneklik
Sertifikasyon	Uluslararası denizcilik standartları	Genel IEC, TSE vs.

Denizcilikte Kabloların Genel Kullanım Alanları

- Gemi içi güç ve aydınlatma sistemleri
- Gemi makine ve cihazlar (vinç, ırgat, ağ frame vb.)
- Haberleşme sistemleri
- Yangın alarm ve güvenlik sistemleri
- Otomasyon sistemleri
- Denizaltı kabloları ve sualtı robotları (ROV)

Denizde Kullanılan Kablolarla İlgili Bazı Türkiye'ye Özgü Standartlar, Yönetmelikler ve Uygulamalar

1) TS IEC / IEEE 80005 1 (Yüksek Voltaj Kıyı Bağlantısı – HVSC)

Türkiye'de kıyı gemiden enerji sağlanması (shore power, "cold ironing") için yüksek voltajlı sistemler bu standarda bağlanmıştır. TS IEC/IEEE 80005 1 standardı, gemi ile kıyı arasında elektrik bağlantısının tasarımı, montajı ve test koşullarını belirler.

2) TS IEC 60092 Serisi – Gemi Elektrik Tesisleri Standartlarının Türk Uygulaması

Türkiye'de gemi kablo tesisatlarında kullanılan kablolar genellikle IEC 60092 serisindeki standartlara uygun olarak üretilir ve kontrol edilir. Örneğin TS IEC 60092 376 standardı, gemide kontrol ve ölçüm sistemleri devre kablolarını kapsar. (Elektrikport Akademi, 2016).



Şekil 4: TS IEC 60092 standart kablo

3) Üretici Teknik Şartnameleri ve Onaylar

Üntel (Üntel Marine, Gemi Kabloları / MGCG): Üretiminde, DIN 89158 ve IEC 60092/353 standartlarını referans alır. Ayrıca test ve malzeme kriterleri için IEC 60092/350, 351, 359 gibi standartlara uyar (Üntel kablo, 2025).



Şekil 5: Üntel standart kablo

Teknokablo: Türkiye'de "MYY J Marin ve Yat Kabloları" serisi ile gemi ve yat uygulamaları için üretim yapar. IEC 60092 350 / 353 standartlarına uygunluk belirtilmiştir (Teknokablo, 2025).



Şekil 6: IEC 60092 standart kablo

4) Standardların Türkçe Yayınlanması / Uyarlanması

IEC standartlarının bazı bölümleri (örneğin IEC 80005 serisi) artık Türkçe versiyonlarıyla da yayımlanmaktadır. Bu durum, yerli denizcilik sektörü kurumlarının standarda erişimini kolaylaştırır.

SONUÇ

Günümüzde elektriğin yaşamın her alanına yayılmış olması, enerji kaynaklarının sürekli ve güvenilir olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu durum özellikle ulaşım, iletişim ve endüstriyel faaliyetlerin deniz ortamında gerçekleştirilmesinde daha da kritik hâle gelmiştir. Elektrik enerjisi, ısıtma, soğutma, haberleşme, otomasyon, tahrik sistemleri ve güvenlik gibi birçok sistemin temelini oluşturduğundan, denizcilik sektörü için vazgeçilmezdir. Ancak kara ortamına kıyasla deniz ortamında karşılaşılan yüksek nem, tuzluluk, sıcaklık farkları, korozyon ve yangın riski gibi etkenler, bu sistemlerin özel olarak tasarlanmasını ve uygulanmasını gerektirir. Bu bağlamda, denizcilikte kullanılan elektrik sistemleri, yalnızca elektriksel verimlilik değil, aynı zamanda dayanıklılık, güvenlik ve uluslararası standartlara uygunluk açısından da değerlendirilmelidir. Örneğin, gemilerde kullanılan elektrik kabloları, karasal ortamlarda kullanılanlardan farklı olarak su geçirmez, UV ve yağ dayanımlı, halojensiz ve alev geciktirici özelliklere sahiptir. Bu özellikler, sistemin uzun ömürlü çalışmasını ve personel güvenliğini sağlamak açısından büyük önem taşır. Ayrıca, doğru ve alternatif akım sistemlerinin kullanımı, voltaj seviyeleri, akım türleri ve kablo çeşitliliği gibi teknik parametreler de uygulama alanına göre doğru şekilde seçilmelidir. Elektriksel büyüklükler arasındaki ilişkilerin doğru anlaşılması ve Ohm Kanunu gibi temel prensiplerin uygulanması, sistemlerin doğru kurulması ve arıza analizlerinin etkin yapılabilmesi açısından kritik rol oynar. Sonuç olarak, sualtı sanayiinde ve denizcilik sektöründe elektrik enerjisinin güvenli, etkin ve sürdürülebilir şekilde kullanımı; doğru teknik bilgi, uygun malzeme seçimi ve uluslararası standartlara uyum ile mümkündür. Bu doğrultuda yapılan her yatırım ve mühendislik uygulaması, hem sistem verimliliğini hem de operasyonel güvenliği artıracaktır. Elektriğin denizdeki doğru kullanımı, sadece enerji ihtiyacını karşılamakla kalmaz, aynı zamanda denizcilik sektörünün gelecekteki sürdürülebilirliğini de güvence altına alır. Elektrik enerjisi, denizcilik ve sualtı sanayiinde *güvenli, sürekli ve çevreye uygun şekilde* kullanılmalıdır. Elektrik sistemleri, *yüksek güvenlik, dayanıklılık ve uluslararası standartlara* uygunluk temelinde tasarlanmalıdır. Deniz ortamına *özel kablo seçimi*, gemi güvenliği ve işletme verimliliği için kritik önemdedir.

REFERANSLAR

IEC 60092-350 — "*Electrical installations in ships – General construction and test methods of power, control and instrumentation cables" standardı.* (https://webstore.iec.ch/en/publication/60517)

IEC 60092-354 — *"Shipboard and offshore power cables with extruded solid insulation" standardı.* (https://webstore.iec.ch/en/publication/60518)

IEC 60092-376 — *"Cables for control and instrumentation circuits 150/250 V (300 V)" standardı.* (https://www.vde-verlag.de/iec-standards/255040/iec-60092-376-2025.html)

Caledonian Cables — *IEC 60092 standartlarına uygun sualtı/denizcilik kablolarının özellikleri (XLPE, korozyon koruması, yangın sınıfları, halojensiz kılıf gibi hususlar)* (https://www.caledonian-cables.com/products/offshore-cables/IEC60092/MTX400-XLPE-LSOH-Power-Cables-Multicore.shtml)

Habia Cable — *Denizcilik kablolarının halojensiz özellikleri, yangın davranışı ve performans avantajları* (https://www.habia.com/en/products/industry-standard-cables/lightweight-marine-cables/)

Armada Cables — *Kabloların yangın/alev test standartları, dumansızlık ve halojen içeriği gereksinimleri (*https://www.armadacables.com/technical)

Honest Cable — *Deniz kablolarının genel teknik özellikleri, yangın davranışı, halojensiz tasarım ve farklılıkları* (https://honestcable.com/marine-cable)

"Is there a difference between marine wire and regular wire?" — Deniz kabloları ile normal kablolar arasındaki farkları açıklayan teknik görüşler (örn. çok tellerli yapı, kalay kaplama vs.) (https://www.zdcables.com/Is-there-a-difference-between-marine-wire-and-regular-wire-id48866416.html)

Cable-Fact — *Deniz kablolarındaki mekanik, yangın ve sertifika gereksinimleri üzerine teknik bir değerlendirme yazısı* (https://www.cablefact.com/cable-standards/technical-specifications-essential-for-durable-and-reliable-marine-cables)

Tutar, M.A. (2023). *The Cruise Life. (2023, Mart 17). IEC 80005 Serisi Artık Türkçe.*https://www.thecruiselife.com.tr/haber/iec_80005_serisi_artik_turkce-36314.html adresinden 14 Ekim 2025 tarihinde alınmıştır.

Elektrikport Akademi, (2016). *Gemi ve Yat Kabloları: Kullanım Alanları, Özellikleri ve Standartları*. https://www.elektrikport.com/universite/gemi-ve-yat-kablolari-kullanim-alanlari-ozellikleri-ve-standartlari/17326 adresinden 14 Ekim 2025 tarihinde alınmıştır.

Üntel Kablo. (2025). *MGCG Gemi Güç Kabloları. Üntel Kablo*. https://www.untel.com.tr/gemi-kablolari/mgcg-6 adresinden 14 Ekim 2025 tarihinde alınmıştır.

Teknokablo. (2025). *MYY-J Marin ve Yat Kabloları.* https://www.teknokablo.com.tr/tr/urunlerimiz/marin-ve-yat-kablolari/myy-j adresinden 14 Ekim 2025 tarihinde alınmıştır.