

elektromagnetik dalga üretimi ve sezilmesi

YAZAN

charles SUSSKIND

ÇEVİREN

kaya YAZGAN

UDK: 621.373. - 621.376.33(091)

mmmmmm

ÖZET

Elektromagnetik dalga kuramı üzerine Maxwell'in çalışmalarından başlayıp, Marconi'nin uygulamalarına dek uzanan dönemin de alındığı taramada kuramsal ayrıntılar verilmemiştir. Dalın çok ilginç olaylar, kişilikler ve buluşlar sergilenip toplumu çok etkileyen bu teknolojik olanağın gelişim sürecindeki önemli aşamalar vurgulanmıştır.

SUMMARY

The article which surveys the development of electromagnetic theory from the works of Maxwell to the practical applications of Marconi, deals more with the interesting events, personalities and inventions than with the theoretical details.

Bu yazı Charles Süsskind'in IEEE Spectrum dergisinin Ağustos 1968, Aralık 1968, Nisan 1969, Ağustos 1969 ve Nisan 1970 sayılarında yayımlanan 'The Early History of Electronics' adlı yazı dizisinden kısaltılarak çevrilmiştir. Biyografik bilgiler ve çoğu XIX. yüzyılda yazılmış 158 kitap ve makaleden oluşan kaynak listesi için bu diziye başvurulabilir.

I. HERTZ ÖNCESİ ELEKTROMAGNETİK.

Bir teknoloji dalı olarak elektriğin başlangıcı 19. yy fiziğinin iki önemli gelişmesine ilişkindir: Elektromagnetik dalga üretimi, sezilmesi ve elektronun bulunması. Pratik buluşlar bu alanlarda kuramsal bilgilerin hep önündeydi. Katot ışınlarının yüklü parçacıklardan oluştuğu öğrenilmeden ışınları kullanan aygıtlar kullanılıyordu. Kesin sonuç amaçlıyan bir deney yapılmadan elektromagnetik dalgalar üretilip gözleniyordu. Yarıiletkenliğin doğası anlaşılmadan çok önce kristal doğrultucuların se-

Kaya Yazgan, ASELSAN

Charles Süsskind, University of California

ri üretimi yapılyordu. Buna benzer oluşumlar teknoloji tarihinde hiç de ender değildir. Pratik bir buluş çoğunlukla kapsamlı deneysel araştırmalara, ardından da önemli genellemelere yol açar. Çok daha ender gözlenen durum ise önce salt kuramsal olarak öngörülen bir olayın sonradan büyük bir teknolojik öneme sahip olmasıdır. James Clerk Maxwell'in (1831-1879) elektromagnetik kuramı işte böyle bir başarıdır.

ELEKTROMAGNETİZMA KURAMI

Maxwell'in katkısının ne denli büyük olduğunu anlamak için, 19. yy'ın ilk yarısı boyunca elektrik kuramının tıpkı yerçekimi kuramı gibi "uzaktan etkileme" kavramına dayandığını anımsamak gerekir. Charles Augustin Coulomb (1736-1806), Hans Christian Oersted (1777-1851) ve Andre Marie Ampere'in (1775-1836) elektrik üzerine buluşları kolaylıkla bu kavramla açıklanabiliyor. Yalnızca elektriğin iletkenler boyunca akışı bazı düzeltmeler gerektiriyordu. Oysa Joseph Henry (1797-1878) ve Michael Faraday'ın (1791-1867) elektromagnetik endükleme bulmaları üzerine (diğer fizikçilerin optik olayları için gerekli buldukları "eter" benzeri) bir elektromagnetik "ortam" önermek ve bunun içinde görülmeyen kuvvetlerin çalıştığını söylemek gerekli oldu. Faraday sezgisel olarak elektrik ve mıknatıs olaylarını kuvvet alanları olarak yorumladı. Bu fikirlerin matematiksel değerlendirilmesi Cari Friedrich Gauss'un (1777-1855) bir alandan çıkan kuvvet çizgisi akışı ile bölgenin içindeki toplam yük arasındaki ilişkiyi veren ünlü teoremiyle sağlandı. Fakat Maxwell'e gelinceye dek elektrik ve manyetik "alanlar" tür evsel denklemlerle ifade edilen temel çokluklar olarak değerlendirilmedi.

Pierre-Simon Laplace (1749-1827) ve Simeon Denis Poisson (1781-1840) gibi matematikçiler yerçekimi sistemleri üzerinde potansiyel ile alanların arasındaki ilişkiyi veren matematiksel kuramı temellendirmişlerdi. Maxwell bunu geliştirdi, Faraday'ın sezgisel kavramlarına kuramsal çerçeveyi sağladı. Fakat en büyük katkısı elektromagnetik alandaki bir değişikliğin uzayın başka bir noktasında aynı anda algılanamayacağını öngörmesi oldu. Değişiklik ışık hızına eşit bir hızla dalga olarak yayılacaktı.

Maxwell'in 1864 de duyurduğu bu sonuç 19. yy fiziğinin en büyük bulgusu olarak onaylanabilir. Tek adımla "uzaktan etkileme" kuramının yerini, alan kuramı aldı ve optik, elektromagnetizmin bir dalı oldu.

İki ciltlik bir yapıtta ayrıntılarıyla tanıtmasına karşın Maxwell kuramı çağdaşlarının tümünce onaylanmadı. John Kerr'in (1824-1907) bazı deneysel bulgularla kuramı desteklemesinden sonra bile optik ile klasik elektrodi-

namik arasında birçok kuramcının doldurmaya çalıştığı bir boşluk kaldı..

FitzGerald, elektrik kuvvetlerinin eter içinde nasıl dalgalar oluşturabileceğini inceleyen 1882 de yayımladığı çalışmasında boşluğun doldurulmasına önemli bir katkıda bulundu: "büyük bir olasılıkla değişen akımın enerjisinin bir bölümü uzaya yayılmaktadır". Hesaplamalar enerjinin, salınım sıklığının dördüncü kuvvetiyle orantılı olduğunu gösteriyordu Yeterli yükseklikte sıklık elde etmek de oldukça zordu. Aynı yıl Britanya Birliğinin toplantısında FitzGerald bir sığacın küçük bir direnç üzerinde boşaltılıp 10 m dalgaboyunda, hatta daha da kısa dalgalar üretilebileceğini söyledi.

FitzGerald'ın önerdiği bu yöntemin başlangıcı yarım yüzyıl öncesine dek uzanıyordu.

Leyden şişesinin boşaltılmasındaki salınım astronom Felix Savary'nin (1797-1841) dikkatini daha 1824 de çekmişti. Henry 1842 de salınımı gözlemiş, Peter Theophil Riess (1804-1883) de gözleme katılmıştı. William Hyde Wollaston (1766-1828) suyu kıvılcım boşalmalarıyla ayırıştırırken her iki elektrotta da iki gazın oluştuğuna dikkat etmişti.

Ünlü fizyolog ve fizikçi Hermann Von Helmholtz (1812-1894) enerjinin sakınımı, ısı kuramı üzerinde çalışırken magnetik salınımların da niteliksel özelliğini açıkladı.

1853 de William Thomson (sonradan Lord Kelvin) geçici elektrik akımlarının ilk temel matematik çözümlemesini geliştirdi. Yalnızca direnç (R) ve sığayı (C) değil indüktansı da (L) gözönüne alıp sönümlü salınımların sıklığını

$$f = (1/27r)[(1/LC) - (R^2/4L^2)]^{1/2}$$

olarak hesapladı. Beren d Wilhelm Feddersen (1832-1918), 1857 de başladığı deneylerde dönen bir ayna kullanarak boşalmanın salınımlı olduğunu deneysel olarak gösterdi.

işte bu temel bilgilere dayanarak FitzGerald, 30 yıl sonra, çembersel bir tele boşalan bir sığaç ile hızlı değişen akım ve dalga üretimi sağlanacağını öne sürüyordu. Dalgaların sezilmesi İkonusuna ise hiç kimse eğilmiyordu.

GALVANİ VE HENRY

"Telsiz" iletişim konusundaki çalışmaların çok eski bir geçmişi varsa da gerçek radyo dalgası ile iletişim, indüksiyon ya da iletkenlik ile iletişimden ayrı tutulmalıdır. Raylar boyunca serilen bir tel aracılığıyla tren ile iletişim indüksiyon iletişimine bir örnektir. Islak toprak, tuzlu su gibi ortamların iletkenliğinden yararlanan iletkenlik iletişimine ise İngiliz hükümeti çok önem verdi, nehirlerin iki yakası arasında yapılacak iletişim ile ilgili birçok deney yapıldı.

İnsan eliyle yaratılan elektromagnetik dalga yayılmasının gözlenmesi çok eskilere, gerekli büyüklükte kıvılcımların oluşturulabildiği tarihlere dek uzanır. Luigi (Aloisius) Galvani (1737-1798), elektrostatik bir generatörde oluşturulan kıvılcımların biraz uzaktaki ölü bir kurbağada tepkiler oluşturduğunu gözlemişti. Henry de 1842 deki deneylerinde magnetik indüksiyonu gözlemişti. Bu deneylerden de ışığın elektromagnetik doğasını sezmesi çok ilginçtir.

EDİSON, E. THOMPSON VE S.P. THOMPSON

Edison 1975 de çok önemli bir gözlemlerde bulundu, bir telgraf maniplesiyle elektrik devresi kesilince, metal bir plakaya bir ucundan bağlanmış telin serbest ucu diğer bir metal cisme yaklaşık tutulursa kıvılcım oluşuyordu. Edison bu arada oluşan kıvılcımın kutupları olmadığını altın yapraklı bir elektroskopu hiç etkilemediğini de belirtiyordu. (Kuşkusuz bu iki özellik de akımın doğru değil hızla değişen bir akım olmasından kaynaklanıyordu.) Edison ise olayın elektriksel olmadığı, "e ter sel kuvvet" adını verdiği yeni bir kuvvet bulduğu sonucuna vardı. "Şimdiye dek insanoğlunun ihmalinin derinliklerine gömülü" olduğunu söylediği bu olayın yeni bir kanıtı olarak çalışan telgraf makinelerinin yanına yaklaştırılan iki karbon çubuk arasında da kıvılcımlar gözlenebildiğini bildirdi.

Bu gerçekte "telsiz" telgraftı! Ne var ki bu kez Edison'un sezgileri onu yanılttı ve çoğu kez ticari değeri olan uygulamalarla ilgilenen Edison nedense bu kez "elektrikten, ışıktan farklı" yeni bir kuvvet bulduğunu kanıtlamaya yöneldi.

Olayın elektriksel olduğunun açıklanması 1871-1875 arasında birçok deney yapıp ünlü kıvılcımları kaynaktan 30 m ilerde elde edebilen genç araştırmacı Elihu Thomson (1853-1936) tarafından yapıldı. Ne yazık ki oda bir iletişim aygıtı tasarlamak yönüne değil, daha verimli dinamolar yapmaya yöneldi.

Aynı dönemde SP. Thomson gazı seyreltilmiş bir cam tüp içindeki ışıklı boşalmadan, döner aynalı bir düzenekten yararlanarak kıvılcımların gerçekten salınımlı bir hareket oluşturduğunu kanıtladı. Bu ilginç deneyi hazırlayıp gerçekleştirilmesine karşın o da gözlediği olayı indüksiyon olarak değerlendirdi.

DOLBEAR

Radyotelgraftan çok radyotelefonun öncülerinden sayılması gereken bir bilim adamı da A.E. Dolbear'dır (1837-1910). Verici, birincil sargısında batarya ve mikrofon

olan ikincil sargısının ise bir ucu toprağa diğer ucu sığaca giden bir transformatörden oluşuyor sığacın diğer ucu açık bırakılıyordu. Alıcıda ise toprak, kulaklık, sığaç ve batarya seri bağlanıyor ve bataryanın diğer ucuna da yine tek bacağı açıkta bırakılan başka bir sığaç takılıyordu. Her ne kadar alıcı ve vericide sığaçların serbest uçlarını yükseltmenin yararını gözlemiş hatta bir uçurtmayla anten yapmışsa da Dolbear, iletişimin toprak üzerinden sağlandığını düşündü. İletişim uzaklığının 20 km'ye arttığı bu deneylerin 1882-1886 yılları arasında yapılmasına karşın radyotelefonun gerçek uygulaması için 1890 ların ortalarına dek beklemek gerekmiştir.

Bir başka araştırmacı, mikrofonu bulup adını veren D.E. Hughes (1830-1900) soruna çok daha doğru yaklaşmış "havada yayılan elektrik dalgalarından" söz etmiş, deneyleri sırasında duran dalgalar, yansımalar gözlemiştir. Ne yazık ki 1880 yılında gerçekten değerli üç bilim adamı, T.H.Huxley, G.C.Stokes, W5pottiswode, bu araştırmaların sonuçlarını olumlu bulmayıp, Stokes "bilinen elektromagnetik indüksiyon etkileriyle açıklanabileceğini" söyleyince Hughes sonuçlarını yayımlamadı ve bulguları 1800 I erin sonuna dek duyulmadı.

ŞANS VE HAZIRLANMIŞ KAFA

Sayıdığımız tüm pratik katkılarda bulunan kişilerin -biri dışında- ortak özellikleri sınırlı bilimsel geçmişleri olmasıdır. Öz-indüksiyonu 1832 de bulan Henry sanırım cebirden başka matematik kullanmadan elektrik alanında büyük katkıda bulunan son kişi idi. Edison kuramsal fizikten tümüyle habersizdi ve gözlemlerinin kuramsal açıklamasını yapmaya kalktığında son derece başarısızdı. E. Thomson ve Houston orta eğitim öğretmenleri, Dolbear ve Hughes ise mühendis ve bilim adamından çok "sanatkarlık" geleneğine yakındı. Maxwell'in devrim yapan kuramını anlayıp değerlendirmek bir yana kısmi differansiyel denklemin ne olduğunu bile bilmezlerdi. Yukarıda değinilen Hughes'in deneylerini gözleyen seçkin bilim adamlarının Maxwell'i bildikleri kesin ise de onlar da gözlemleriyle bu kuram arasındaki ilişkiyi kuramadılar. Bu arada Maxwell'in bu çağda tümüyle onaylanmadığı da anımsanmalıdır.

Bu araştırmacı grup içinde mesleğinin başında bulunan bilim adamı SP.Thompson'ın da konu üzerinde yeterince ilerleyememesi aynı nedenden, çok şaşırtıcı değildir. Olayın "eter kuvveti" değil elektriksel bir olay olduğunu 24 yaşında açıklaması kendisine yeterli ünü sağlamıştır. Bir adım daha ileri gidip elektrostatik kıvılcımlardan farklı olarak kıvılcım dizilerinin özelliklerini izleyeydi kuşkusuz çok daha büyük bir başarıya ulaşacaktı.

Böylece büyük kuram ve deneysel gözlemler arasındaki ilişki, dehası Maxwell'in dehasına eşit bir araştırmacı ge-

lip sonuçları yorumlayıncaya dek kurulamadı. Pasteur'un dediği gibi "şans, ancak hazırlanmış kafalara yönelir".

II. HERTZİN DENEYLERİ

FitzGerald, elektromagnetik dalgaların yayılmasını gösterebilecek çok önemli bir deneyi 1883 de önermişti. Dört-beş yıl içinde yapılan birçok deney pratik bilgi birikimine yol açıtıysa da kesin sonuçlara ulaşamadı. Bu dönemde elektromagnetik enerjinin yayılması hakkında bazı kuramsal başarılar da sağlandı. Bunların içinde en önemlisi J.H.Poynting'in (1852-1914) elektriksel enerjinin iletimine ilişkin bulgusudur. O güne dek hidrolikteki duruma benzer biçimde enerjinin iletkenin içinden geçen akımla iletildiği düşünülürdü. Poynting ise daha genel olarak telin dışındaki ortamda elektriksel ve magnetik alanlarla iletildiğini açıkladı.

Yarım yüzyıl kadar önce Oersted elektrik akımının manyetik alan oluşturduğunu bulmuş, Ampere de akım ileten iki devrenin karşılıklı olarak birbirlerine kuvvet uyguladıklarını; ve gerçek mıknatıslardan ayırt edilemediklerini göstermişti. Hertz, 1884 de değişen bir magnetik alanın elektriksel kuvvet oluşturması temeline dayanarak, değişken akım taşıyan iki bobinin birbirlerine elektrostatik kuvvet uygulayacakları sonucuna vardı. Bu sonuç eski elektrodinamik kuramıyla değil ancak Maxwell denklemleriyle açıklanabilecek bir sonuçtu.

1879 da Prusya Bilim Akademisi elektromagnetik süreçte dielektrik etkisini gösteren bir deney üzerinde yarışma düzenledi. Helmholtz da en iyi öğrencisi Hertz'i bu soruna yöneltti ve tüm deney olanaklarını sağladı. Bu etkinin önemsiz olduğunu düşünen Hertz ise elektrodinamiğin tümüyle dışındaki konulara yöneldi.

ilk gözlemi şans olarak nitelenebilir. Bir Leyden şişesini boşaltan bobinin yakınında iki ucu birbirine oldukça yakın olan telden bir çember üzerinde gözlem yapıldı. Tel çember, bobinin herhangi bir noktasına değerken boşalma sırasında açık uçlarda bir kıvılcım gözleniyordu. Daha önce 1870 de Wilhelm von Bezold (1837-1907) bir ucu açık bırakılan iletim hattında dalgaların yansıdığını ve hızın temelde telin yapıldığı maddeye bağlı olmadığını gözlemişti.

Hertz bu deneyi sonradan öğrenmiş ve bu buluşun tüm şerefine Bezold'a ait olduğunu vurgulamıştır. Ne var ki Hertz'in buluşu çok daha ileri bir adım sağladı, bobin ya da ikincil devredeki kıvılcım birincil ve ikincil devreler arasında elektriksel bir bağlantı olmasa da gözleniyordu. Maxwell kuramının deneysel kanıtı ortaya sürülmüştü. Hertz 1887 de ulaştığı sonucu yayımladı ve deneylerini geliştirmeye devam etti. ikincil devrenin boyutunun bi-



Şekil 1. Heinrich Hertz (1857-1894)

rincil devredeki salınım dalga boyuna uymasının gerektiğini, salınımların büyük bir zayıflama faktörüne sahip olduğunu gözledi.

Prusya Akademisinin açtığı yarışma konusuna ilişkin çalışmaları, birincil ve ikincil devreler arasındaki dielektrik maddenin büyük etkisi olduğunu bulmasıyla sonuçlandı. Dalga hızını ölçmeye yönelik araştırmaları deneysel yanlışlar taşıdı. Kuramın öngörmediği bir diğer gözlem de duran dalga düğüm noktalarının yerlerinin sezici yapısına bağlı olmasıydı. Oysa 1888 sonuna dek bütün bu pürüzler temizlenip daha başarılı deneyler yapıldı ve hiçbir kuşkuyla yer kalmadı.

Hertz'in bu konudaki son deneysel çalışması dalgaların geometrik optiğin kurallarına uygun olarak yayıldığını, yansıdığını kanıtlamaya yönelikti. Dalgaboyunu yaklaşık 50 cm'ye düşürmeyi başardı, vericiyi parabol kesitli silindirik bir yansıtıcının odak çizgisi üzerine yerleştirdi, benzer bir yansıtıcıyı alıcı için kullandı. Işının yayılması, dielektrik bir prizmada (1.5 m yükseklik, 100 Kg ağırlıkta bir zift blokta) kırılması ve polarizasyonu bu deney serisi sonucunda kanıtlandı.

Hertz ışığın da elektriksel özellikler göstereceğini düşündü ve optik alanında çalışan meslektaşlarını bu alanda inceleme yapmaya çağırdı, ilginç olan ışığın elektriksel özelliklerine ilişkin gerçek ipuçlarını Hertz'in gözlemleyip not etmesi fakat değerlendirememiş olmasıdır. Sonradan fotoelektrik etki olarak adlandırılan olayı kıvılcım deneyleri sırasında gözlemiş, deneyi bozan etkenler arasında not etmiştir.

Buluşlarının önemi çabuk kavranan ve değerlendirilen Hertz Royal Society tarafından Londra'ya çağırıldı, ünlü

ingiliz fizikçileriyle tanıştı, Amerika, Berlin ve Bonn'dan teklifler aldı. 1889 da Bonn'a yerleşti ve elektrodinamik üzerine ünlü kitabı "Untersuchungen über die Ausbreitung der Elektrischen Krafft"ı yazdı. Bu yapıtta Maxwell'in ele aldığı konuların ötesine geçti, hareketli cisimlerin varlığını tartıştı. Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) elektriksel alan içinde hareket eden dielektrik cismin manyetik etkisini gözlemişti. Hertz kitabında bu konunun kuramsal temelini de oluşturdu.

Hertz yaşamının son üç yılını mekanik kuramına ayırdı ve katot ışınları üzerindeki bir deney dışında elektriksel araştırma yapmadı.

Hertz'in 1894 deki ölümünün ardından radyotelgraf alanındaki önemli gelişmeler başladı ise de iletişim konusunda birkaç tasan Hertz yaşarken de önerilmişti. Hertz'in deney sonuçlarını basmasından hemen sonra, Aralık 1889 da, Heinrich Huber adlı bir elektrik mühendisi Hertz'e bir mektup yazıp sözkonusu magnetik kuvvet çizgilerinin iletişim amacıyla kullanılıp kullanılmayacağını sordu. Transformatör ve telefonda yararlanarak çizdiği taslak ile bir içbükey aynanın odağına yerleştirilmiş elektromagnetik bir başka içbükey aynanın odağına yerleştirilmiş indüksiyon bobinine ses sıklığında iletişim gerçekleştirecek bir dizge öneriyordu. Konu hakkındaki görüşünü hemen bildiren Hertz transformatör yada telefonlarla elde edilecek sıklıkların çok düşük olacağını örneğin saniyede bin titreşim yapılırsa dalgaboyunun, dolayısıyla odak uzaklığının 300 kilometreyi bulacağını yazdı.

Maxwell kuramını doğrulayan Hertz deneyleri salt bu yönüyle bilim tarihinde önemli bir dönemeç olarak yer kazandı. Hertz'den sonra bindirim (**modulation**) ve bindirim açma (**demodulation**) tekniklerinin kullanımı ile ise Hertz'in deneyleri teknolojik bir önem kazanıp radyotelgraf dalının oluşmasına yol açtı.

III. RADYOTELGRAFIN BAŞLANGICI

1890'lı yıllar elektromagnetik dalgaların sezilmesi konusunda önemli gelişmelerin gözlemlendiği, deneylerin yapıldığı yıllar oldu. Bilinen ilk önen 1890 da Avustralya'da Richard Threlfall'dan (1861-1932) geldi. Geissler tüplerinin kullanılmasını öneren Threlfall "elektrik ışıklı flaş'lardan sözetti.

Alexander Pelham Trotter (1857-1947) özellikle deniz üzerindeki iletişimde "sisin ışık iletişimini engellediğini, ama yaklaşık 1 mm dalga uzunluklu salınımların değil sis, tuğla duvarlardan bile geçebileceğini" yazdı. Bundan daha ayrıntılı bir tasan, bir yıl sonra 1892'de William

Crookes (1832-1919) tarafından geliştirildi. "Bir metre dolayındaki dalgaboylarının sis ve tuğla engelleri aşabileceğini, ne var ki bu konuda güvenilir verici, duyarlı ve ayarlanabilir alıcı ve yönsel antenlerin geliştirilmesinin gerektiğini söyleyen Crookes iletişimin gizliliğinin sağlanması konusunda da görüşler öne sürdü. Işının yöneltilmesi, belirli bir dalgaboyuna ayarlanması gibi özelliklere dikkat çekti.

1890 ların başlarında Hertz'in bıraktığı yerden devam eden deneylerin çoğu sonradan "mikrodalga optiği" olarak adlandırılan alan içindedir. Bologna'da Augusto Righi'nin (1850-1920) yazdığı "L'ottica delle oscillazioni elettriche" adlı kitap ile ardından Righi ile Bernhard Dessou'nun 1903 de italya'da "Telegrafia senza filo", adları ile aynı anda yayımlanan kitap bu konudaki çalışmaların kitap boyutundaki ilk ürünleridir.

Yapışıcı (*coherer*)* tarihi bir buluşlar ve yeniden buluşlar dizisidir. Fiziksel olayın gözlemi, elektromagnetik dalgaların sezilmesinde kullanılmasından çok önce ve çeşitli deneylerle yapılmıştır. Toz halindeki parçacıkların elektrostatik kaynakların yakınında diziler oluşturduğu 1850 lerde biliniyordu. Samuel Alfred Varley, (1832-1921) 1866 da metal tozunun küçük akımlarda büyük bir direnç gösterdiğini fakat gerilimin artırılması sonucunda iletkenliğin arttığını saptadı. Bu olayda tozların dizilip birbirine yaklaştığını, deneyden sonra sallanarak yeniden düzensiz ve yalıtkan olduklarını gözledi.

Lord Rayleigh (1842-1919) düşen su taneciklerinin yakınına elektriksel yük getirilince damlaların irileştiğini 1879 daki deneyleri sonunda belirledi ve meteorolojik bazı olayların da açıklanmasına katkıda bulundu. 1884 de Tembtocle Calzecchi Onesti (1853-1922) iki piring plaka arasında bakır tozu ile deneyler yürüttü. John Tyndall (1820-1893) sıcak bir kütlelin tozlu bir hazne içine yerleştirilmesi sonucunda kütlelin üzerinde tozdan

*Bu çalışmada *coherer*, yapışıcı olarak çevrildi. Terim fizikte, kimyada geçen *cohesion*, terimiyle birlikte *cohere* kökünden kaynaklanmaktadır. Taşınar'ın "Technical Dictionary'si tüm aileyi "yapışmak" kökünden türeterek çevirmiş, 1971 basımlı Redhouse ise *coherer* için "mevce reseptörü" (yani dalga alıcısı) karşılığı vermiştir. Kimya ve Kimya Mühendisliği Terimleri Kılavuzu (KMO, 1977) *cohesion*'u "türdeş yapışma" olarak tanımlamıştır.

Coherer kelimesinin tanımladığı aygıtın, teknolojinin gelişme sürecinde ortadan kalkması ile *coherer* sözcüğü de tarihe karışarak yaşayan bir teknik terim özelliğini yitirmiştir.

(Çevirmenin notu).

arınmış bir bölge oluştuğunu gözledi. Clark ve Lodge elektrikleştirilmiş bir metal çubuğun benzer bir tozlu hazneye sokulması durumunu incelediler.

Oliver Joseph Lodge (1851-1940) 1893-1894 de iletişim hattı, yıldırımılık ve yüksek gerilim koruyucuları üzerinde deneyler yaptı, konferanslar verdi ve yazılar yazdı. Yapışma (*cohesion*) olayını tanıttı ve iki metal kürenin arasındaki kıvılcım aralığı ile çeşitli deneyler yapıp sonuçlar yayımladı. Yapışıcı sözcüğünü ilk kullanan, Hertz deneyleriyle ilişki kurmaya çalışan Lodge'dur. Oysa Fransız bilim adamı Edouard Branly (1846-1940) elektromagnetik dalgaların sezilmesinde yapışıcı kullanan ilk deneyi yapıp sonucunu yayımladı. Metal tozu dolu bir cam tüpün birkaç megaohmluk bir direnci olduğunu, yakında elektriksel bir boşalma olduğunda bu direncin birkaç yüz ohma indiğini gözledi. Yeniden yüksek empedans elde etmek için ısıtma yada mekanik sallamanın gerekliliğini, tüpün madeni bir kutu içine yerleştirilmesi durumunda elektriksel boşalmadan etkilenmediğini de belirleyen Branly oldu. Sonuçları 1891 de yayımlayan Branly güncel ilgiyi çekemedi. İki yıl sonra Davsen Turner'in Paris'te Branly deneylerini görmesi, dönüşünde İngiltere' de anlatması sonucunda ilgi bu alana yoğunlaştı ve 28 Mart 1899 da Manş üzerinden iletilen ilk radyotelgraf mesajı Branly'e yöneltilerek araştırmaları övüldü.

Bu arada ilginç bir nokta "radyo" sözcüğünü ilk önerenin de Branly olmasıdır. "Benim tüplerime Lodge yapışıcı diyor ve bu terim genellikle benimseniyor. Oysa ben *radioiletken* terimini öneririm. Böylelikle temel özellik olan süreksiz iletkenlerin elektriksel ışınım (radyasyon) uyarılacak iletken hale gelmesine dikkat çekilmiş olur" (1897).

Bundan sonra yapışma olayının daha ayrıntılı kullanım biçimlerine, örneğin ava içine batırılmış platinin havası boşaltılmış cam tüp içinde kullanımı (Minehin deneyi), kerosene içindeki potasyumun kendiliğinden yüksek direnç kazanma özelliğine (Bose deneyi) ilişkin çalışmalar yapıldı.

1894 den sonra yapılan deneylerde özellikle Lodge'un yürütücü bir görevi olmuştur. Örneğin yapışıcının yeniden yüksek direnç kazanması için Lodge'un uyguladığı yöntem son derece ilginçtir. Kürelerden oluşan yapışıcıya seri olarak bir batarya ve elektrikli zil yerleştirmiş, hepsini aynı masanın üzerine koymuştur. Yakında üretilen kıvılcım üzerine küreler iletince zil çalıyor, zilin ürettiği mekanik titreşimler de kürelerin yeniden birbirinden uzaklaşmasına yol açıyordu.

Bundan çok daha önemli buluşu ise rezonanstan yararlanan bir iletişim dizgesi idi. iç ve dış iletkenlerine uzun birer tel bağlanmış Leyden şişeleri kullanarak ve bu tel-

lerin uzunluklarını değiştirerek "rezonans ayarlaması" yapan Lodge, Hertz'in çok çabuk zayıflayan salınımlarına çözüm buldu.

Bu ayarlamaların uzaklıkla da ilişkili olduğuna, uzak noktalar arasında iyi bir iletişim sağlamak için çok duyarlı bir ayarlamaların gerekliliğine de dikkat çekti.

Ne yazık ki Lodge bu buluşlarını bilgi iletiminde kullanmayı hiç denemedi. Farklı odalara alıcı-verici yerleştirdi ama belirli bir güçle ne denli uzağa im gönderebileceğini bile denemedi. Kent dışında açık olan deneyi de yapmadı. Çok sonraları kendisi de "öğretim görevim çok yüklü idi, telgraf yönündeki gelişmelere ayıracak zaman bulamadım. Aynı zamanda deniz ve kara iletişiminde bu gelişmenin olağanüstü önemini de değerlendiremedim" diye açıklamalarda bulunmuştur.

1890'ların sonlarında Lodge yine bu konudaki çalışmalarını yoğunlaştırdı, özellikle salınım sıklığının ayarlanması konusunda aldığı patentler, verdiği konferanslarla dikkat çekti. Bir yandan Kraliyet donanmasında önemli çalışmalar yapılırken (örneğin H.B. Jackson) diğer yandan radyotelgrafın gelişimiyle yakından ilişkili bir adın, Guglielmo Marconi'nin konuya ilgisi çekildi.

IV. İLK RADYOTELGRAF DENEYLERİ

Oliver Lodge'un 1894 de verdiği bir konferansı izleyen Bologna Üniversitesi profesörlerinden Augusto Righi, Üniversitesine dönüp bu çalışmalarını tanıttı genç Marconi çok ilgilendi. Guglielmo Marconi (1874-1937) ırlandalı bir anne ile İtalyan bir babanın özel eğitimle yetişmiş oğlu idi. 1894 de hemen deneylere başlayan Marconi temelde Bronly türü yapıda, Lodge türü kıvılcım aralığı kullandı. Endüksiyon bobininin birincil sargısına bir telgraf maniplesi yerleştirdi. Yapımcının boyutunu küçülttü, % 96 nikel, %4 gümüş tozu karışımının en iyi sonucu verdiğini buldu. Alıcı yönde ise bir röle yerleştirip hem yapımcıyı yeniden yüksek empedanslı durumuna getirmek hem de manipelin verdiği uzun ve kısa çizgileri yazan bir kalem sürmekte kullandı.

1895 de açık hava deneylerine başlayan Marconi daha önce Dolbear ve E.Thomson'un da gözlediği "topraklanmış anten"1 en verimli anten türü olarak belirlendi. Vericinin bir ucunu yükseltilmiş bir iletkeni diğerini ise bir toprak plakasına bağladı. Açık hava deneylerinde 25 km ye yakın bir uzaklığa bilgi iletince Marconi İngiltere'ye gitti.

2 Haziran 1896 da ilk patenti için başvuran Marconi bir dizi deney sonucunda 1897 de Britanya Posta örgütünün kesin desteğini kazanmayı başardı. Bu yıllarda Mar-

coni'nin "buluşu"nun ne olduğu çok tartışıldı, örneğin Lodge, Marconi'nin katkısını küçümseyici yazılar yazdı. Ne var ki sonunda gerek yasal olarak gerek bilim tarihi açısından değerlendirilince Maxwell-Hertz çizgisini pratik deneylerle işe yarar hale getirenin Marconi olduğu üzerinde genel bir anlaşma sağlandı.

Gelişmelerin Almanya ve Rusya'daki yönü üzerinde de durmak konuya yeni boyutlar kazandırması açısından ilginçtir. Lodge'nin deneylerinden etkilenip Hertz dalgaları üzerinde Berlin yakınlarında Charlottenburg Technische Hochschule'de deneyler yapan Adolf Cari Heinrich Slaby (1849-1913) salınımları ancak bina içinde bir koridor boyunca iletilebiliyordu. Gazetelerde Marconi'nin deneylerini okuyunca İngiltere'ye gitti ve bilinen aygıtlardan, ama iyi bir mühendislik çalışmasıyla yeniden ele alınıp geliştirmiş aygıtlardan oluşan Marconi dizgesini hayranlıkla izledi. Almanya'ya dönen Slaby sonunda radyotelgrafın İngiltere'deki gelişmesine rakip olan ve Alman elektronik endüstrisinin temelini oluşturmuş çalışmalarını sürdürdü.

Lodge'dan yola çıkıp özgün yol izleyen bir başka araştırmacı da Kronstadt Denizcilik Okulu öğretim görevlisi Aleksandr Steponovich Popov'dur (1859-1905) 1895 de Bronly yapımcıları ile deneyler yaptığı, 25 Nisan 1895 de Rusya Fiziko Kimya Topluluğunda bir bildiri sunduğu biliniyor. Uzaydakiler dahil elektriksel boşalmaları sezen alıcılar yapan Popov St. Petersburg'da Meteorolojik Gözlem evine alıcılar yerleştirdi. 1896 da kurduğu düzeneğin radyotelgraf olarak kullanılabilmesini yalnız biraz geliştirilmesinin gerektiğini yazdı. Popov'un 12 Mart 1896 da Fiziko-Kimya Topluluğu önünde verdiği konferans da çok önemlidir. Resmi kayıtlarda birşey belirtilmemiş ise de bir tanık "bu konferanstaki gösteride Popov'un aygıtının Morse kodunda imler yaydığını, imlerin alınıp sesli olarak tüm salona dinletildiğini ve verilen mesaj çözülünce "Heinrich Hertz' sözcüklerinin elde edildiğini" bildirdi. Bu tanık anlatımının olaydan 30 yıl sonra yazılması Batılı kaynakların kuşkusunu çekmiş ve bu olayın gerçekliğine inanmak istememişlerdir. Buna karşılık Sovyet yetkilileri Popov'un Donanma adma çalıştığını, gizliliğin bundan kaynaklandığını bildirip 1945' de Popov'u "radyoyu bulan kişi" olarak ilan etmişlerdir. Bu tartışmada kesin olan ve Popov'un 1899 da yaptığı Almanya ve Fransa turunda da gözleyip yazdığı Popov'un çalışmalarının çağının gerisinde olmadığıdır. 1900 da Kronstadt limanında Popov Donanmaya telsiz yapmak ve telsiz onarmak için kurulan bir atölyenin başına getirildi. Ama Çarlık yönetimi bu işin önemini tam değerlendiremedi ve personel, malzeme olanaksızlıkları içindeki atölye, Donanmanın tüm gereksinimini karşılayacak boyuta çıkarılamadı. 1904-1905 Rus-Japon savaşında Rus Donanması için Marconi'nin tasarladığı telsizlerden alınması da bunu kanıtlamaktadır. 1898 de Rus Tek-

nik Topluluğunun, 1900 de Dördüncü Uluslararası Teknik Konferansının ödülleri almasına karşın Popov'un ölümünden önce gerçek boyutuyla anlaşıldığı söylenebilir. Hele Nobel ödülü alan Marconi'nin ünü ile karşılaştırılınca Popov'un 1905 deki ölümünden çok sonra değerlendirilebildiği söylenebilir.

V. TİCARİ AŞAMADA RADYOTELGRAF

Marconi 1896 Şubatında, 22 yaşında İngiltere'ye gelip aygıtını tanıtırken bilinçli bir seçim yapıyordu, İngiltere yalnızca bir adalar ve Donanmalar ülkesi değil aynı zamanda deniz aşırı toprakları olan bir imparatorluk idi. Burada buluşlarının ticari açıdan da kolaylıkla değerlendirilebileceğini biliyordu. 2 Haziran 1896 da başvurduğu radyotelgraf patenti 2 Temmuz 1897 de onaylanınca 100.000 sterling sermayeli Wireless Telegraph and Signal Co. Ltd.1 kurdu. Üç yıl sonra Marconi's Wireless Telegraphy Company Ltd. adını alan bu şirket radyo telgraf alanındaki ilk ticari şirkettir, ilk yerleşik radyotelgraf iletişim dizgesi de Isle of Wight ile 22 Km uzaktaki Bournemouth arasında kurulmuştur. Anten olarak uzunluğu 40 metreyi bulan, dikdörtgen yalıtılmış bir madeni ağ kullanılıyor ve bu ağ makaralı bir düzenekle yükseltiyordu. Telgraf mesajlarının güvenilir iletim hızı dakikada 12 sözcük dolayında idi. Denemeler sürerken 3 Haziran 1898 de Lord Kelvin geldi, Stokes ve Preece'el (Britanya hükümetinin telgraf başmühendisi) telgraf çekti: Her mesaj için bir şilin ödemek için ısrar eden Lord Kelvin böylece telsiz telgrafın ticari yönünü vurgulamış ve ilk "müşterisi" olmuştur. İrlanda'da yaptığı birkaç de-



Şekil 2. Guglielmo Marconi (1874-1937)

neyden sonra Marconi krallık yatı Osborne'a bir radyotelgraf dizgesi yerleştirmek görevi ile ödüllendirildi. Kraliçe Victoria bu buluşla çok ilgilendi ve Gal Prensi Edward'a yatından 150 tane mesaj gönderdi. Bu başarı üzerine Şirketin sermayesi iki kat arttırıldı, izleyen yıllarda kıyı koruma amacıyla kullanım başladı ve 1899 da R.F. Matthevs adlı bir buharlı geminin siste fener gemisine çarpması ile oluşan kazada radyotelgraf ilk kez alarm amacıyla kullanılıp pek çok hayat kurtardı.

Mart 1899 da İngiltere-Fransa arasında ilk telsiz iletişim sağlandı. Dover ve Boulogne yakınlarındaki Wimereux arasındaki iletişim çok başarılı oldu. The Times'da yayımlanan Prof. John Ambrose Fleming'in coşku dolu yazısı bunun ilk kanıtıdır. Ardından İngiliz Bilim adamları Dover'de, Fransız Bilim adamları Boulogne'de toplandılar ve Fleming'in "Volta pilinin bulunuşunun yüzüncü yılını" kutlayan konuşması Fransa'ya iletildi.

Bu olaylardan sonra Marconi'nin Amerika yolculuğu, New York Herald'a haber iletmek için yapılan yayınlar, ve daha uzaklarla iletişim sağlamak amacıyla yönelik çalışmalar gelir.

Bir raslantı sonucu 1899 Ağustosunda Wimereux vericisinin imininin 135 km ötedeki bir gemiden alındığı anlaşılır. Bu dönemde ilgi çeken bir konu da yine iletişimin gizliliği, yada mesajların birbirini etkilemesi idi. Bu konuda Lodge ve Muirhead'in 1897 Mayısında başvurdukları patente konu olan buluşları, ayarlanabilir bir bobinden yararlanan rezonans devresi ile, Marconi'nin 1900 yılında aldığı bir patentin kaynaklandığı bobin bağlaçlı devresi arasında önemli ticari ve yasal sürtüşmeler oldu. Marconi'nin önerdiği devre antene bağlı ayarlanabilir bir bobin, buna seri ikinci bir bobin ve ikinci bobine endüktif bağlanmış bir üçüncü bobinden oluşuyordu. Verici devresinin diğer elemanları bu üçüncü bobinin devresi üzerine yerleştirilmişti. Marconi'nin önerdiği bu devre Lodge'unkinden daha gelişmiş bir ayarlama sağlıyordu ama özgün buluşun Marconi'nin olup olmadığı çok tartışıldı. Britanya Posta Örgütü Marconi'den desteğini çekti, Marconi'nin buluşlarını kullanırmak için önerdiği anlaşmalar hükümetçe onaylanmadı vb. Ancak 1911 de Marconi Co., Lodge-Muirhead'in patentlerini alınca soruna bir çözüm bulundu.

ALMANYA 'DA RADYOTELGRAF

Marconi'nin İngiltere dışındaki tek ciddi yarışımı Almanya ile olmuştur. Almanya'da Adolf Slaby ve Kari Ferdinand Braun, iki ayrı koldan radyotelgraf üzerinde çalışmışlardır. Daha önce değindiğimiz gibi Prof. Slaby, İngiltere'de Marconi'nin deneylerini izlemiş ve onlardan da esinlenmişti. Ticari amacı her zaman ön plana almış

olan Marconi bu ziyaretten hiç de memnun olmamış ve 1919 da şöyle yazmıştır. "Prof. Slaby hakkında hiç bilgim olmadan ona deneylerimi gösterdim. Britanya Posta Örgütü yetkililerinin istemi üzerine hiç istemeden bunu yaptım".

Slaby ve yardımcısı Graf von Arco'nun çalışmalarıyla kısa sürede hem büyük elektrikli aygıt yapımçı firması Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft (AEG), hem de Kayzer II. Wilhelm ilgilenip desteklemeye başladılar. Slaby ve von Arco'nun en önemli katkıları anten boyunca akım dağılımını incelemeleri ve bunun sonucunda devrenin geri kalan kısmına bağlantı için en uygun noktayı bulmaları olmuştur.

öte yandan Kari Ferdinand Braun (1850-1918) ve çevresindekilerden oluşan Strassbourg Üniversitesindeki grup kuşkusuz daha başarılı olmuştur. Braun çoğunlukla katot ışınlu tüpü (Almanca'da Braunsche Röhre) bulmasıyla tanınır. Ama Marconi'nin aygıtıyla yarışan tasarımları o denli önemli idi ki 1909 Nobel Fizik Ödülü bu alandaki çalışmaları için Marconi ve Braun arasında paylaştırıldı. Braun'un konuya ilgisi suda telgraf imlerinin iletilmesini amaçlayan bir çalışma için uzman olarak çağırılması ile başladı. Alternatif akım kullanmak, yüksek sıklıklarda deneyler yapmak gibi yollar da deneyen Braun bu arada alıcı ve vericiyi de geliştirmek olanağını buldu. Kıvılcım kaynağına bir LC devre bağladı, anten ile toprak arasındaki devreye indüktif bir bağlaçla geçişi sağladı. Böylelikle hem tehlikeli yüksek gerilimli antenden kurtulmuş hem de kolay ayarlanabilir, en uygun sarım oranıyla yaklaşık bir verici elde etmiş oldu. İşte bu buluşların Marconi'nin geliştirmelerine kaynaklık ettiği üzerine bazı ipuçları vardır, ilginç olan durum bu tartışma İngiltere'de Marconi'nin karşısına engeller çıkartırken, Almanya'da Braun grubunun temel rakibinin Slaby olması ve Braun'un Slaby'e <w., Marconi ile kuvvetlerini birleştirmeyi bile düşünmesidir. Braun grubu Alman endüstri devi Siemens ve Halske ye girdi ve Almanya'daki bu tatsız yarışma, kara ordusunun Braun "u, Donanmanın ise Slaby 1 tutmaya başlaması üzerine katlanılmaz oldu. Kayzer, hükümet işe karıştı ve 1903 de iki firma yeni bir firma kurup sermaye vermeyi kabul ettiler. Yeni firmanın adı "Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b. H" o denli uzundu ki kısa süre sonra herkes firmanın telgraf adresini kullanmaya başladı:Telefunken.

ATLANTİK A SIRI RADYO

1900 yılı Haziranında Marconi ABD'ye gitti ve Atlantik'in iletişim yapmayı amaçladığını söyledi. Bu davranış bilimsel dayanaklardan yoksun bir "inanç"tan kaynaklanıyordu. Çünkü o yıllarda pekçok yönden ışığa benzeyen elektromagnetik dalgaların yerkürenin yuvar-

(aklığını izleyecekleri konusunda kanıt yoktu. Bilim adamları atmosferde iyonlaşmış bir bölgenin varlığından söz ediyorlardı, ama iletişimle ilişkisine değinen de yoktu. Hazırlıklar bir yıldan çok zaman aldı. Cornwall'de gözden uzak bir nokta ile South Wellfleet, Massachusetts, iletişim için seçildi. Antenler 60 m yükseklik ve 60 m taban çaplı birer koni idi. Koni sivri ucu toprakta olacak şekilde, başa sağı yerleştirilmişti ve kimse oluşacak titreşimlerin dalgaboyunu bilmiyordu. Yaklaşık 10 kw güç sağlayacak bir santral da kuruldu. Ne yazık ki 1901 de oluşan iki fırtına hem Amerika'daki hem de İngiltere'deki antenleri devirdi. Bunun üzerine Marconi İngiltere'ye daha basit bir anten kurdu. Yüksek iki direk arasındaki bir yapıdan yaklaşık birer metre aralıkla dizilmiş 50 kadar tel yerde aynı noktaya bağlanıyordu. Kasım'da birkaç yardımcısıyla Marconi Newfoundland'a gitti. Buradaki anten yapısı olarak bir balona asılı tel kullanılmak istendi ama rüzgar balonu sürükleyince hiç kesilmeyen rüzgardan yararlanıp uçurtmaya bağlı anten denendi, ilk uçurtmanın da sonu balon gibi olduysa da bir süre sonra biraz hareketli ama yaklaşık 130 m yüksekliğinde bir uçurtma-anten elde edildi.

Hazırlıklar tamamlanınca Marconi, İngiltere'deki arkadaşlarına her gün saat 15-18 arasında kodu üç noktadan oluşan "s" harfi vermelerini bildirdi. Ertesi gün, 12 Aralık 1901 de zayıf düzensiz bir im alındı. Almadaki düzensizlik uçurtmanın sürekli yükseklik değiştirmesi ile açıklanabilir. Anten uzunluğunun değişmesiyle sığaç, dolayısıyla rezonans sıklığı değişiyordu. Bu durum gerçekte deney için çok elverişli bir ortam oluşturuyordu. Almanın yönündeki rezonans sıklığı değişerek hiç olmazsa yayın süresinin bir bölümünde verici sıklığı ile aynı oluyor, iletişim sağlanıyordu. Birkaç ay süreyle bazı kuşuklar sürdü, almanın imin atmosfer gürültüsü olabileceği düşünüldü. 1902 yılı başlarında Philadelphia gemisindeki alıcının da imi alması kuşukları sildi. Bu arada Marconi iletişimin gece daha başarılı olduğunu da gözledi.

Newfoundland deneyi oldukça ilginç sonuçlandı. Deneğin başarısı kesinleşince Anglo-Amerikan Telegraph Co. deneylerin derhal kesilmesini istedi. Bu firma Atlantikası kabloyu Newfoundland'a döşemiş ve "Atlantikası tegrat mesajı göndermenin" tekelini almıştı. Sonunda büyük başarısının sonunda genç araştırmacı bir kutlama töreni bile yapılmadan Avrupa'ya gönderildi. Başarının büyüklüğü kuşkusuzdur ve radyotelgrafın olanaklarını sergilemek açısından da çok önemlidir. Ne var ki ticari başarı arayan Marconi için pek doyurucu bir sonuç oluşmamıştır. Radyotelgraf ile "İngiltere-Amerika arasındaki sözcük başına tarifenin 25 cent'ten 1 cent'e inebileceğini" söyleyen Marconi haklı çıkmamıştır. Uzun yıllar sualti kablosu, radyotelgraftan daha ucuza iletim gerçekleştirilmeye devam etmiş, hiçbir zaman da tümden telsiz iletişimine geçilmemiştir.