

TEKNİK TANITIM BELGESİ

# Doğrudan Tahrikler ve Doğrudan Sensörler

Yazar: **Mark Howard**, Genel Müdür, Zettlex UK Ltd

Dosya ref: teknik makaleler/doğrudan tahrikler ve doğrudan sensörler\_Rev\_C



## Giriş

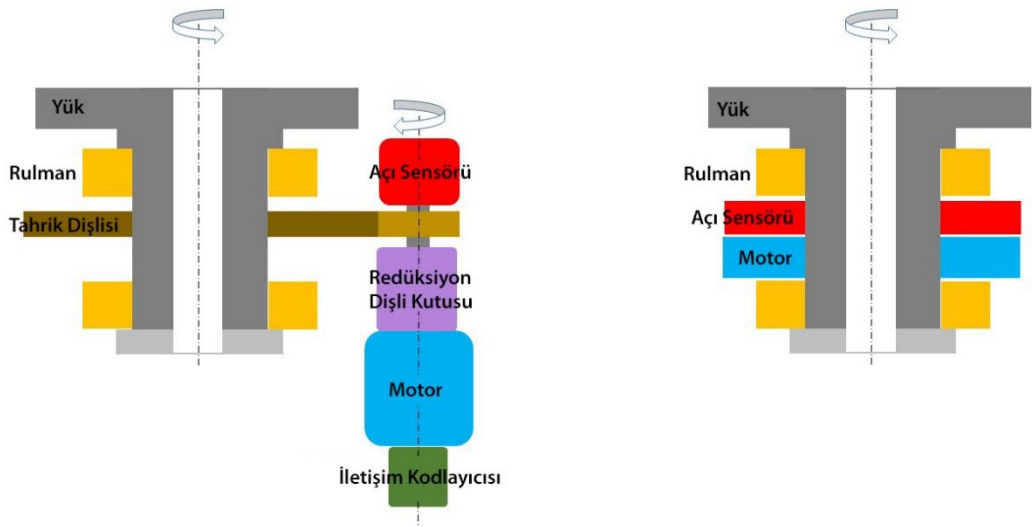
Doğrudan tahrikli motorlar uzun senelerdir piyasadadır ama ekipman üreticileri ve sistem entegratörleri bu tekniğin avantajlarını yalnızca çok bir kısa zaman önce kavramaya başlamıştır. Bu makale doğrudan tahriklerle daha geleneksel motor düzenlemelerini karşılaştırmakta; nispi avantajlarını vurgulamakta ve bazı zorluklar ve çözümleri tartışmaktadır.

## Terminoloji

Bazı terimler ve tanımlarını vermekle başlayalım. Teorik olarak, 'doğrudan tahrik' terimi bir yükü ya da rotoru dişliler, makaralar veya zincirler olmaksızın doğrudan tahrik eden tüm motorlar için geçerlidir. Terim daha sık bir biçimde torklarını doğrudan yük ya da rotorlarına aktaran fırçasız, kalıcı mıknatıslı, senkron motorlar için kullanılmaktadır. Genelde çaplarına kıyasla kısa bir aksenal yükseklikleri ve geniş bir geçiş delikleri vardır. Ayrıca 'tork motoru' bazen sabitken ya da kısa açılı aralıklar üzerinde hareket ederken sabit bir tork üreten doğrudan tahrikli motorları tanımlamak için kullanılan bir terimdir.

## Doğrudan Tahrikli Motorlar Nasıl Çalışır?

Doğrudan tahrikli motorlar çoğu fırçasız doğru akım motoruyla aynı şekilde çalışır. Mıknatıslar motorun rotoruna takılır ve sargılar motorun statörü üzerinde düzenlenir. Sargılara enerji verilince, rotorun mıknatıslarını çeken ya da iten elektromanyetik alanlar oluştururlar. Enerjinin sargılara doğru sviçlenmesi veya 'komütasyonu' kontrollü bir hareket üretir. Lineer ve döner doğrudan tahrikli motorlar vardır ama döner versiyonlar açık ara en fazla kullanılan versiyonlardır.



Şek. 1 – Geleneksel motor düzenlemesi

Doğrudan tahrikli motorlarda genelde hız yokken ya da düşük hızda (genelde <1000rpm) yüksek tork üretebilmelerini sağlayan çok sayıda kutup (>30 ve bazen >100) vardır. >1m çapa sahip doğrudan tahrikli motorlar mümkündür ve 10.000Nm'den fazla tork üretebilirler. Çoğu doğrudan tahrikli motor 'çerçevesizdir', yani muhafazaları, rulmanları veya geribesleme sensörleri olmadan tedarik edilirler. Bu, makine üreticileri ve sistem entegratörlerine muhafaza, shaft ve rulman tasarımlarını, toplam boyut, şekil, ağırlık ve dinamik performansını optimize edecek şekilde ayarlama imkanı verir.

Ayrıca doğrudan tahrikli motorların tork-atalet oranı da geleneksel motor düzenlemelerinden yüksektir ve düşük bir elektriksel zaman sabitleri vardır. Böylece torkun voltaj uygulanınca hızlı bir şekilde uygulanmasıyla, kontrol mühendislerinin iyi servo 'sertliği' dedikleri şey elde edilir. Daha geleneksel motorlar daha yüksek hızlarda (tipik olarak >1000rpm) azami tork üretecek şekilde tasarlanır ve boyutları ve özellikleri güç değerlerine göre belirlenir. Boyut ve doğrudan tahrikli motorların seçimi genelde güç yerine azami ve sürekli torka dayalıdır.

## Avantajlar ve Dezavantajlar

Doğrudan tahrik yaklaşımının avantajları şunlardır:-

- **Mükemmel dinamik performans** ve konum ve/veya hızın doğru kontrolü
- **Boşluk veya yıpranma olmaz**
- Az parça sayısı ve dişlilerin, makaraların, contaların, rulmanların, vb. ortadan kaldırılması sebebiyle **yüksek güvenilirlik**.
- **Kompakt** - düşük aksel yükseklik ve geniş delik uygulanabilir
- **Yüksek tork-atalet oranı** ve yüksek tork/kütle oranı
- **Düşük tork dalgalanması** veya 'vuruntu'
- **Düşük hızlarda yüksek tork**
- Ara mekanik unsurlardaki kayıpların ortadan kaldırılması sonucu **enerji verimliliği**
- **Düşük akustik gürültü** veya kendinden kaynaklı titreşim
- **Bakım gerektirmemesi ya da az bakım gerektirmesi**
- Avantajlı termal geometri sebebiyle **düşük soğutma gereksinimi**
- **Nispeten geniş hava boşlukları** ve dolayısıyla şoka daha fazla direnç ve kirli ortamlara mukavemet.

Bir tasarım mühendisinin doğrudan tahriki seçmesinin iki ana sebebi dinamik performans ve biçim faktörüdür. Oldukça düz ve ortasında büyük bir delik olan (kayar bilezikler, borular ve kabloların içinde geçmesine imkan verir) motorların tasarım avantajı azımsanmamalıdır.

En önemli dezavantajları, genelde, gerçek olmasa da doğrudan tahrikli motorların geleneksel motorlardan daha pahalı olduğunun düşünülmesidir. Bu basit bir 1:1 karşılaştırma da doğru olsa da, daha bütünsel bir yaklaşım (ara dişlilerin, kuplajların, bakımın ortadan kaldırılmasının yanı sıra genel olarak mekanik basitleştirmenin azalmasını göz önüne alan), doğrudan tahrik düzenlemelerinin belki de şaşırtıcı olarak çoğu uygulamada optimal maliyet ve performans çözümü olduğunu gösterir. Dahası, 1:1 maliyet primi de daha fazla doğrudan tahrikli motor üretildikçe ve güçlü neodimiyum-demir-bor (Nd-Fe-B) mıknatısların bulunurluğu arttıkça yavaş yavaş azalmaktadır. Avantaj sağlayan bu maliyet/performans noktası, doğrudan tahriklerin çamaşır makineleri gibi maliyet yönünde hassas uygulamalarda kullanımı artarken, geleneksel motor, kayış ve makara sistemlerinin yerini giderek daha sessiz, daha güvenilir doğrudan tahrikli motorların almasıyla ortaya çıkmaktadır.

Doğrudan tahrik uygulamalarının klasik örnekleri, anten sistemleri (örn. taşıtlara monte edilen uydu iletişimlileri), gözetim ve CCTV kameraları, tarayıcılar, teleskoplar, elektro-optikler, oran tabloları, radar ve silah sistemleri gibi çok çeşitli yalpa çemberlerinde bulunur. Ayrıca CNC'li makine araçlarında, paketleme ekipmanlarında, robotik cihazlarda, hatta son teknoloji plak çaralarında uygulamaları bulunmaktadır.

Çoğu motorda 'vuruntu' olarak bilinen konumsal tork dalgalanması bulunur. Yüksek hızda, geleneksel motorlarda bu etki genelde önemsizdir, çünkü frekans o kadar yüksektir ki performans üzerindeki etkisi önemsiz hale gelir. Doğrudan tahrikli birimler, motor kontrol sistemi bu etkiyi aktif olarak dengelemek için geri besleme kullanmadığı müddetçe, bu olgudan daha fazla olumsuz etkilenebilir. Belki de doğrudan tahrikli motorların kabul görmesini yavaşlatan etkenlerden birisi de hassas elektriksel kontrol gerekli olmasıdır. Yeteri kadar hızlı (>4kHz güncelleme hızları) ve hassas kontrolörler yalnızca son yıllarda gerçekçi maliyetlerle ulaşılabilir hale gelmiştir.

Doğrudan tahrikli motorları kullanmanın en büyük avantajlarından birisi konumsal, hızsal ve dinamik doğruluğun artmasıdır. Kuplaj, dişli kutusu, kayışlar ve zincirlerle uğraşmak yerine, doğrudan tahrikli motor doğrudan yüke bağlanır, böylece histerezis, boşluk veya hareket yönlerinin hiçbirinde 'kayıp hareket' olmaz. Bunun sağlamak için, doğrudan tahrikli motorların servo döngüsünü tamamlayacak yüksek çözünürlüklü bir konum geribesleme cihazına ihtiyacı vardır. Bazı durumlarda, genelde gücün motorun sargılarına komütasyonda kullanılan Hall etkisi sensörleri yeterlidir, ama başka pek çok durumda hassas konum ya da hız kontrolüne imkan verecek yeterli ölçüm performansı sağlamazlar.

Doğrudan tahriğin deliği oldukça küçükse (<2"), optik, manyetik, kapasitif ve endüktif teknolojilere dayalı çok çeşitli konum geribesleme sensörleri mevcuttur. Daha önce belirtildiği gibi, doğrudan tahriki seçmenin en önemli etkenlerinden birisi biçim faktörü ve özellikle de geniş geçiş deliğidir (>2"). Çoğu konum sensörü küçük bir giriş şaftı veya küçük bir geçiş deliğine dayalı olduğundan, doğrudan tahrikler için uygun bir konum sensörünün seçimi yakın zamana kadar sınırlı ve dolayısıyla da sorunluymuştu. İlk seçenek basit bir DC beslemesine ve mutlak veya artımlı bir dijital çıkışa sahip optik halka kodlayıcılardır. Ne yazık ki bunlar, optik sensör yolunun kararması, aşırı sıcaklıklara veya darbeye sınırlı tolerans gibi sebeplerle kirliliğe veya ıslak ortamlara uygun değildir ve iyi bir ölçüm performansı için kurulumlarının doğru olarak yapılması gerekir. Kapasitif kodlayıcılar benzer sorunlara ek olarak, rotorda biriken statik yükü dağıtmak zorunda olma sorununa da sahiptir. İkinci seçenek manyetik halka kodlayıcılardır, ama bunların komütasyonda kullanılan Hall Etkisi sensörleri karşısındaki avantajı fazla olmayabilir ve manyetik histerezis sebebiyle hassasiyetleri yüksek değildir. DC manyetik alanlarının algılanmasına dayalı olduklarından, motordan kaynaklanan başıboş manyetik alanlardan da etkilenebilmektedirler. Üçüncü seçenek, geleneksel seçenek olan fırçasız çözücüdür. Çözücüler, rotorun statöre göre olan konumunu tespit etmek için motorla aynı elektromanyetik fiziğini kullanır. Çözücüler genelde yabancı maddelerden etkilenmez ve güvenilirlik, sağlamlık ve güvenlik konularında emsalsiz bir itibara sahiptirler. Beklenildiği gibi, çözücüler pek çok yüksek güvenilirlik ve güvenlik uygulamasında, özellikle de havacılık ve savunma alanlarındaki standart seçimdir. Bununla birlikte, özellikle bazen yassı ya da plak çözücüler olarak adlandırılan geniş delikli formatları hacimli, ağır ve pahalı olabilmektedir. Yassı ya da plak çözücülerin kullanımı, doğrudan tahrik sistemlerinin bazı uygulamalar için çok pahalı olduğu görüşünü kuvvetlendirmiş olabilir.

## Farklı Bir Yaklaşım

Doğrudan tahrik konum geri bildirim için yeni tür bir sensörün kullanımı giderek artmaktadır:- endüktif kodlayıcı veya 'incoder'. Incoder'ler çözücülerle aynı elektromanyetik veya endüktif fiziksel özelliklerden yararlanır, ama hacimli transformatör sargıları yerine, laminar, baskı devre kartı yapıları kullanılır ve çok daha ucuz maliyetli, daha kompakt ve daha hafiftirler. Çözücülerin gerektirdiği karmaşık AC beslemesi ve sinyal işlemleri yerine, incoder'ler optik kodlayıcılardakine benzer basit elektriksel arayüzler kullanır – DC güç girişi ve dijital bir elektronik çıkış. Incoder'ler mutlak ve artımlı (A/B pulsu) formatlarda, 22bit'e kadar çözünürlüklere (dönüş başına yaklaşık 4 milyon sayım);  $\leq 40$  yay saniyelik ( $< 0,01^\circ$ ) doğruluklara ve çok düşük sıcaklık katsayılarına ( $< 0,5\text{ppm/K}$ ) sahip olarak sunulur. Yakın zamana kadar, incoder'ler yüksek dinamizme sahip uygulamalar için çok yavaş sayılıyordu, ancak artık 10kHz'ye kadar hızlı güncelleme hızları sunabiliyorlar. En önemlisi, farklı doğrudan tahriklerin biçim faktörüne (alçak eksenel yükseklik, nispeten geniş çap ve delik) uygunlar. Dahası, genelde rulmanları, kaplinleri veya contaları olmayan çerçevesiz bir formatta sağlandıklarından doğrudan tahrike mekanik olarak sabitlenebilmekteler.

Incoder'lerin doğrudan tahriklerle birlikte kullanımı giderek pek çok tasarım mühendisinin tercihi haline alıyor ve tıp, havacılık, savunma, endüstri ve petrokimya sektörlerindeki uygulamalar için yüksek seviyede güvenilir, yüksek seviyede dinamik hareket kontrolü sağlamaya devam etmelerinden ötürü bu kombinasyonun destekçileri artıyor.



Şek. 2 - Bir incoder örneği

## Diğer Bilgiler / İletişim

Zettlex endüktif konum algılama teknolojisi hakkında daha fazla bilgi almak ya da uygulamanızla ilgili olarak bir konum sensörü uzmanıyla görüşmek için lütfen Zettlex ile doğrudan irtibata geçin ya da en yakınınızdaki yerel temsilciyle konuşun.

### Birleşik Krallık Şirket Merkezi

Zettlex UK Ltd  
Newton Court, Newton, Cambridge, CB22 7ZE, United Kingdom  
İletişim: Mark Howard veya Josef de Pfeiffer  
E-posta: [info@zettlex.com](mailto:info@zettlex.com)  
Telefon: +44 1223 874444  
İnternet: [www.zettlex.com/tr/iletisim/](http://www.zettlex.com/tr/iletisim/)

### Uluslararası

Zettlex'in tüm dünyaya yayılmış bir satıcı ve distribütör ağı bulunmaktadır. Yerel temsilcinizi bulmak için lütfen <https://www.zettlex.com/tr/distributor/> adresini ziyaret edin