

KONUMUN ALGILANMASI

Robotların, taşıma makinelerinin, matkapların, vb. çalışma parçasının nerede konumlandığını bilmeleri gerekir. Konum sensörleri bu bilgiyi sistem denetleyicilerine geri besler. Bu bölümde konumun algılanması için kullanılan bazı aygıtları inceleyeceğiz.

TANIM

Yerdeğiştirme bir vektörel niceliktir ve zaman içinde farklı anlarda bir cisim tarafından işgal edilen iki konum arasındaki fark olarak tanımlanabilir. Uzunluk veya mesafe yerdeğiştirmenin büyüklüğünü ifade eden ölçekli bir niceliktir.

BİRİMLER

Doğrusal hareket için yerdeğiştirme metre cinsinden bir uzunluk iken, dönme veya açısal hareket için radyan cinsinden açı olarak ifade edilir.

Açısal yerdeğiştirmenin birimi radyandır ve radyanın tanımı yarıçapa eşit uzunluktaki bir yayın çember merkezine bakan açısıdır. $1 \text{ rad} = 57.3^\circ$.

KONUM ALGILAYICILARINA GENEL BAKIŞ

Konum algılayıcıları bir çalışma parçasının olup olmadığını sezmekten onu tam bir doğrulukla yerine yerleştirmeye, bir deliğin derinliğini hassas ölçmekten bir milin dönme açısını tam olarak ölçmeye kadar çok çeşitli amaçlarla kullanılır. Konum sensörleri de basit anahtarlardan hassasiyet potansiyometresine, doğrusal değişken fark transformatörlerine (LVDT) kadar çok çeşitlidir. Konum algılayıcılarının doğruluğu bitmiş işin hassasiyetini belirler.

Konum algılayıcısı devrelerini geliştirirken daha fazla doğruluk elde etmek için karmaşık devrelerin kullanılması gerekmektedir. Bu ise güvenilirliği arttıran basitlik ile çelişmektedir.

SINIR ANAHTARLARI (VARLIĞIN SAPTANMASI)

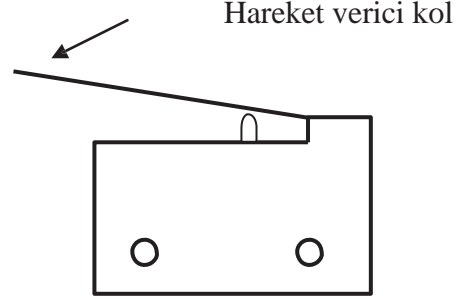
En basit ve en çok kullanılan konum belirleme yöntemi sınır anahtarıdır. Garaj kapısını açan kumandanın kapıyı izlemesi gereken hat içinde tutmasında, floppy disketlerin yazma koruma çentiğinin olup olmadığını belirlemede ve mil üzerindeki hareketin son konumunun algılanmasında sınır anahtarları kullanılmaktadır. Arabanın kapısı açıldığında lambanın yanmasını sağlayan, emniyet kemerinizi takmanız için sesle uyarı veren veya anahtarınızı kontakta bırakmamanızı anımsatan sınır anahtarıdır.

Şekilde görülen sınır anahtarları boyut ve çalışma açısından farklılık gösterse de aslında hepsi de temaslı basma anahtarıdır. Şekillerdeki anahtarların çoğundaki anahtar mekanizması ani-etkili yay-yüklü anahtardır. Bu mekanizma, hareket verici belirlenmiş değere ulaştığında anahtarın kapanmasına neden olan konum hareketini sağlar. Sonuçta, anahtar basit basma anahtarlarından biraz daha az sıçramayla kapanır ve anahtar kontaklarını kıvılcımdan korur.

Kolla çalışan ani-etkili sınır anahtarını ayarlamak için iki farklı yol vardır. Sınırlı doğruluk kabul edilebildiğinde, kolu dikkatli bir şekilde bükerek ayarlama yapılabilir. Çalışma parçasının kontak üzerindeki kolu eğmemesini sağlamak için dikkat ve özen gösterilmelidir. Aksi takdirde ayar bozulacaktır. Daha hassas yöntemde anahtarın konumu ayarlanmaktadır. Bu durumda, anahtar yatağında dikdörtgen şeklinde vida delikleri vardır ve bu da dakika ayarlamasının yapılmasını sağlar. Bazı durumlarda anahtar, anahtar ve hareket vericinin (actuator) konumlandırılması için ayarlanabilen metal plakanın üzerine monte edilmiştir.



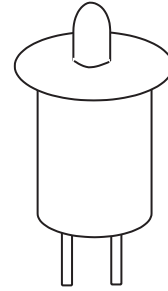
(a) Temel bir ani-etkili sınır anahtarı



(b) Hareket verici kol uygulanan kuvveti azaltır.



(c) Makara sürtünmeyi azaltır.



(d) Kapı ve pencere çerçevelerinde kullanılan tip

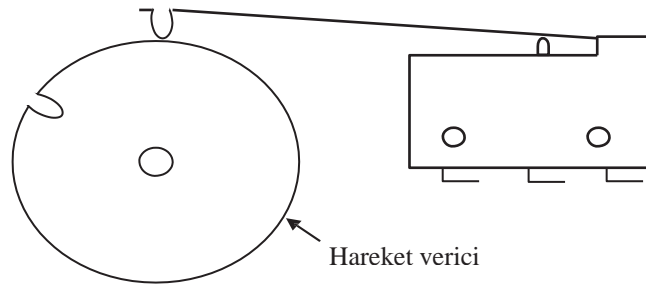
Şekil : Sınır anahtarı çeşitleri

Çok çeşitli kontak tipleri olan sınır anahtarları olmakla birlikte en çok kullanılan SPDT düzenlemesidir. Anahtarın bir terminali "common" (şase) anlamında C veya COM olarak işaretlenmiştir, bir diğeri "normalde açık" anlamında NO (normally open) olarak belirlenmiş ve üçüncüsü "normalde kapalı" anlamında NC (normally closed) olarak işaretlenmiştir. Anahtarın "normal" modunda harekete geçirici kol veya buton üzerinde basınç söz konusu değildir.

Sınır anahtarları, montaj hattı üzerindeki bir parçanın varlığını algılayarak otomatik makinelerin bu parça üzerinde işlem yapmasını sağlar. Örneğin, sınır anahtarları bir buzdolabı kapısının montaj hattı üzerinde belirli bir noktaya ulaşıp ulaşmadığını tespit edebilir. Anahtarın kapanması, bir boyacı robotunun kapıyı boyamaya başlaması için gerekli sinyali gönderir. Hat sabit hızla hareket ettiğinden robotun boyamayı düzgün bir yol boyunca tamamlaması için başka sensörlere gerek yoktur. Sınır anahtarı da sisteme eklendiğinde hat üzerindeki parçaları düzensiz olarak

yerleştirmek mümkündür. Böylece robotun boyamak için bir kapı beklerken bulamayıp havayı boyaması engellenmiş olur.

şekillerdeki sınır anahtarları ve tambur denetleyici ile birlikte makinelerde ne kadar hassas zamanlama yapılabildiğine dair bir örnek gösterilmektedir. Tambur düşük rpm'de çalışan senkron saat motoru ile döndürölmektedir. Tambur üzerindeki sınır anahtarının yaprak yaylarına hareket verilmiştir. Anahtarın hareket verici mekanizması bir çentikle karşılaştığında, NA kontaklar açılacak ve NK kontaklar kapanacaktır. Çentığın sonunda, anahtar tambur tarafından yeniden harekete geçirilerek makinede zaman denetimli seri işlerin yapılmasına olanak sağlayacaktır. Evinizin ışıklarını, su ısıtıcınızı ve ışıklı işaretlerin otomatik olarak yakılmasında kullanılan yaygın zaman röleleri benzer şekilde çalışmaktadır. Anahtarlar bir çentik tarafından açılmak yerine zamanlayıcı disk üzerindeki bir çıkıntı tarafından kapatılır.

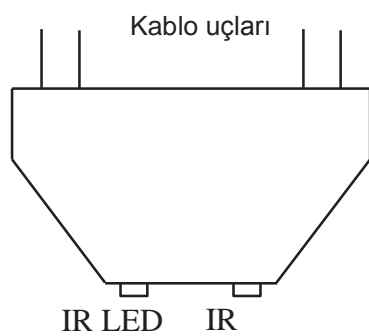


şekil : Temel tambur denetleyici. Büyük tambur denetleyiciler her biri ayrı ayarlanabilen 20 kam ve anahtara sahiptir.

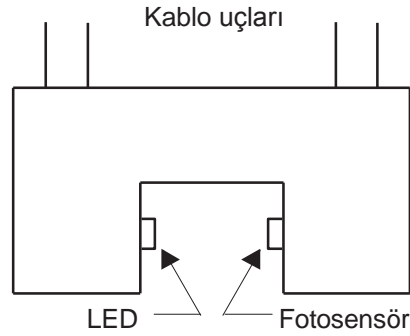
FOTOELEKTRİK SINIR ANAHTARLARI

Bir diğer sınır anahtarı ışığa duyarlı hücrelerden yararlanmaktadır. Endüstride kullanılan farklı çeşitlerde ışığa duyarlı elemanlar bulunmaktadır.

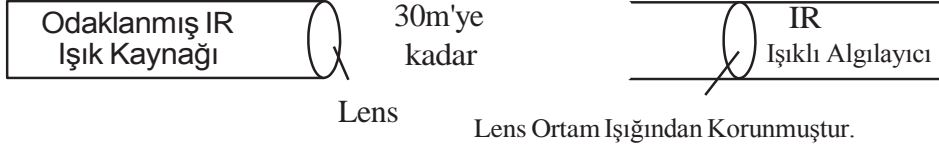
şekilde modern endüstride kullanılan bazı ışığa duyarlı elemanlar görölmektedir. Bunlarda bazıları iletilen ışığı algırlarlar. Işık geçirmeyen bir katı madde ışık demetini kırarak şekilde fotosel ve ışık kaynağı arasına konulmalıdır. Diğer aygıtlar ise, yansıtılmış ışık ile çalışmaktadır. Bunlar açık renkli ve yansıtıcı özellikteki malzemelerin varlığını algılamakta kullanılırlar.



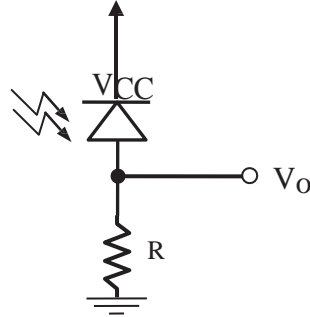
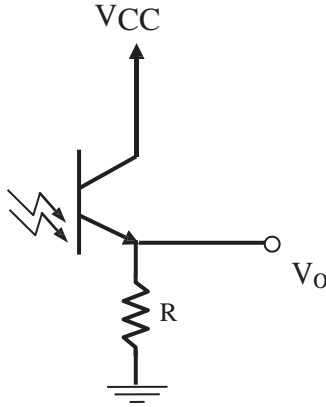
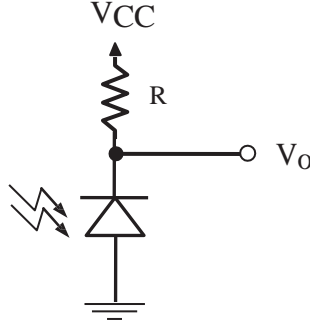
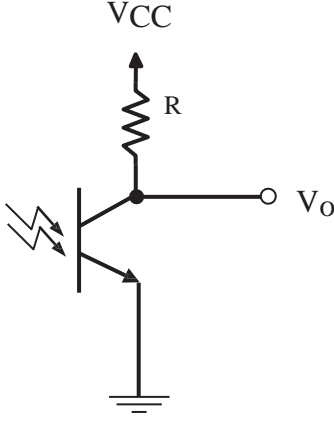
(a) Yansıtıcı tip



(b) İleten tip



(c) Uzun mesafede iletim yapan tip
Şekil : En yaygın ışıklı algılayıcılar



Şekil - a Fototransistör

Şekil-b Fotodiyot

Şekil-c CdS LDR'ler (GlobalSpec, Inc.)

Yukarıdaki şekilde endüstride en çok kullanılan fotosensörler görülmektedir. Şekil-a'daki en popüler olan aygıttır. Fototransistör bazı karanlıkta iken özgün eğrisinin kesim bölgesinde çalışmaktadır. Beyze ışık geldiğinde, transistör iletime geçer ve beyze gelen ışık miktarı ile doğru orantılı olarak kollektörden akım akar. Transistörü sınır anahtarı olarak kullanmak için onun kesimden iletime gitmesine yetecek şekilde ışık seviyesinin artırılması gerekmektedir. Bazı fototransistörlerde iletime geçme sınırının tam altındaki bir düzeye gerilim bölücü ile eğilendirecek şekilde dışarıdan beyz bağlantıları bulunmaktadır. Bu eğilme de transistörün duyarlılığını artırır.

Fototransistörler ışık duyarlılığının yanı sıra kazanç da sağlar, ancak şarj süresi tepki vermesini yavaşlatır ve harekete geçeceği frekansı sınırlar. Şarj süresi, transistörün enerjisinin kesilmesinden sonra transistörün beyzindeki akım taşıyıcıların beyz içinden geçmesi için gerekli süredir. TTL mantıkta ise yayılma gecikmesinin nedenidir ve fototransistörlerin aç-kapa anahtarlama hızını azaltmaktadır. Bu sorun mekanik olaylarla ilgilenirken fazla önem taşımazken motor hız denetimi için optik disk kullanılırken

yüksek hızlı sayma gerektiğinde dikkate alınmalıdır.

Şekil-b'deki fotodiyotlar fototransistör gibi güvenilir yanıt vermektedir, ancak daha yüksek hızlarda çalışabilmektedir. Bunlar yükseltme yapmaz, genellikle duyarlıklarını arttırmak için anahtarlama transistörlerine bağlanırlar. Fotodiyotlar fototransistörlerden daha ince yarıiletken tabakaları ile yapılabilirler; dolayısıyla şarj süreleri daha kısa olduğu için daha hızlı anahtarlama yapabilirler. Fotodiyotlar devreye katodu güç kaynağının pozitif ucuna, anodu negatif ucuna ters polarmalı olarak bağlanırlar. Işık birleşme yüzeyine geldiğinde, diyodun ters kırılma gerilimi, diyodun ters yönde iletme geçtiği değere düşerek çıkışında ışığın varlığını belirten bir sinyal üretir. Şekil-4.4c'deki Kadmiyum sülfür (CdS) fotodirenç ışığı algılamak ve ölçmek için kullanılır. Bugün kullanılan fotoğraf makinelerinin pek çoğu CdS hücreleri kullanmaktadır. CdS hücrenin direnci yüzeyine çarpan ışık miktarı ile değişir. Hücrenin direnci ölçülerek ışığın varlığı algılanabilir. Ancak CdS hücrenin belleği yoktur. Hücre çok parlak ışığa maruz kaldığında birkaç saniyeye varan bir süre boyunca körleşir. Bu kör zaman süresince, onu körleştiren ışığa orantılı bir işaret üretir. Bu yüzden CdS fotoselleri kullanırken çok dikkatli olunmalıdır.

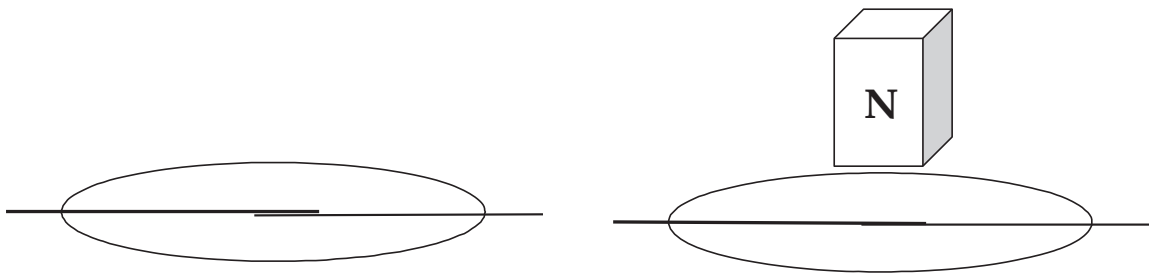
Endüstride çeşitli fotovoltajik aygıtlar kullanılmaktadır. Bu güneş pilleri ışık enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirmektedir. Bunlar çoğunlukla sınır anahtarı olarak değil, ışığın şiddetini ölçen ve denetleyen devrelerde kullanılırlar.

Fotosensörler sayısal devrelere bağlandığında, çıkışlarını tamamen “temizlemek” için Schmitt tetikleyici devrelerin kullanılması zorunludur. Aksi takdirde, fotosensörlerin örneksel çıkışı sayısal devrenin yarış yapması için gerekli düzeyde kalabilir. Yarışma, bir sayısal devreye mantık 1 veya mantık 0 eşik seviyesinde bir sinyal geldiğinde oluşur. Bu koşullar altında devre bir vuru saymak yerine salınım yapar.

Bazı uygulamalarda fotosensörler mekanik anahtarlara göre önemli üstünlükler sağlar. Bu elemanlarda ayarlanacak veya aşınacak hiç bir palet, makara; yanacak, zıplama veya ark yapacak, kirlenecek, paslanıp çürüyecek hiç bir kontak olmadığı gibi daha yüksek çalışma hızlarına sahiptirler. Fotosensörler engelsiz gelen ışığa, lamba üzerindeki lenslere gereksinim duyarken fotosel de temiz tutulmalıdır. Fotosensörü ortamın ışık seviyesinden korumak da önemlidir, ancak bu çoğu zaman sorun yaratmaz.

KONUMUN MANYETİK OLARAK ALGILANMASI

Ferromanyetik metallerin manyetik özellikleri de konum algılaması için kullanılabilir. Manyetik anahtar (reed röle) cam tüp içine kapatılmış iki manyetik anahtar kontağından oluşmaktadır. Bir manyetik alanın varlığında, manyetik çubuklar birbirini çekerek anahtar kontağının kapanmasına neden olur.



Şekil : Manyetik anahtar, manyetik alanın varlığında kapanır.

Anahtar kontakları tüp içine kapatılmış olduğundan, çubuk anahtarları çevreden gelen toz, yağ veya paslandırıcı ortamdan etkilenmezler. Bununla beraber bu anahtarları yerleştirirken bazı önlemler almak gerekir. Cam tüpün uçlarındaki telleri bükerken, keserken veya lehimlerken kırılabilir olan cam uçlarını şok veya basınçtan korumak gerekmektedir.

Şekilde görülen Lenord+Bauer firmasının manyetik hareket detektörü hareket eden ferromanyetik metalleri algılayabilir. Sabit mıknatıs bobin içinden geçerek manyetik alanı yaratır. Manyetik alan bir süreksizliğin geçişi ile değiştirilir, örneğin bir dişlinin dişi veya metal plakanın kenarı gibi. Manyetik alandaki bu değişiklik bobin içinde akım endükler. Akımın büyüklüğü geçiş hızına bağlıdır.



Şekil : Hız ve hareket algılayıcıları

ENDÜKTİF YAKLAŞIM ANAHTARLARI

Endüktif yaklaşım anahtarları tüm iletken malzemelerin dokunulmadan algılanmasını sağlar. Bunlar algılayıcının önüne dar bir yüksek-frekans alanı (150-250kHz) düşürülerek çalışırlar. İletken bir malzeme yaklaştığında, bu alan tarafından endüklenen eddy akımları algılama tipine bağlı olarak osilatör seviyesini yaklaşık sıfıra veya yüksüz seviyenin yaklaşık yarısına indirerek osilatörü yükler. *Killed oscillator* (sönümlemeli osilatör) tip algılayıcı daha yaygındır, fakat maksimum çalışma hızı düşürülmüştür; çünkü osilatör her defasında yeniden başlamak zorundadır. Eddy akımlarının algılanması bu aygıtlara “eddy akım detektörleri” denilmesine de neden olmuştur. Çeşitli şekil ve boyutlardaki bu algılayıcılar Şekilde gösterilmektedir.



Şekil: Bazı endüktif yaklaşım anahtarları. Sağ alt köşedeki çap ölçümlerinde kullanılırken, yivli modeller kolay ve hemen hemen sonsuz ince ayar yapılmasına olanak sağlamaktadır

Aşağıdaki şekilde görülen hareket algılayıcısı endüktif sensörler kullanarak hareket eden ferromanyetik metalleri algılayabildiği gibi aynı zamanda elektriksel iletkenliği olan malzemeleri de algılayabilmektedir. Bu özel aktif sensör ve devresi vuru kaybı olmadan 0

Hz'den başlayarak çok yavaş hareketlerin algılanmasından 20kHz'e kadar yüksek hızlı makinelerin ve motorların hareketlerinin algılanmasına kadar kullanılmaktadır. Bu algılayıcı endüksiyon ilkesine göre çalışmakta ve elektriksel olarak iletken hedefleri taramaktadır. Çıkış sinyalleri tek yön için kare dalga, yön belirlemek için 90° ötelenmiş iki kare dalga veya bir kare dalga ve bir yön sinyali şeklinde olabilmektedir. Fabrikada programlanarak çelik dişli tekeri algılayabildiği gibi aynı zamanda, örneğin, bir fan motoruna bağlı alüminyum bir dişli halkayı da algılayabilmektedir. Raylı araçlarda yol takibi, teker kaymasının önlenmesi, motor hızının ölçülmesi ve makine otomasyonunda makine ve motorların hızlarının ve konumlarının ölçülmesinde kullanılmaktadır.



Şekil : Hız ve hareket algılayıcısı

KAPASİTİF YAKLAŞIM ANAHTARLARI

Seviye belirleme

Kapasitif sensörler kontaklı olarak iletken olan/olmayan katı, sıvı, toz haldeki nesnelerin algılanmasında kullanılır. Metal olmayan plastik ve cam gibi nesnelerin içindeki seviyelerin belirlenmesi veya farklı malzemelerden yapılmış nesnelerin sayımında kullanılabilir.



Şekil : Kapasitif yaklaşım anahtarı (Simatic PXC).

Öne çıkan özellikler

- Her çeşit materyalin algılanması (plastik, tahta, kâğıt)
- Plastik, cam içindeki sıvıların ölçümü
- Tel sarım makinelerinde tel kopma ikazı

Kapasitif sensörlerde algılanacak nesnenin dielektrik katsayısı önem taşır. Bu sabit değer ne kadar büyük olursa, çalışma aralığı da o derece büyük olur.

4.1.1.2 Farklı nesneler için bağıl dielektrik katsayıları,

- Cam 5
- Kâğıt 2,3
- Hava 1
- Su 80

ELEKTRİKSEL YERDEĞİŞTİRME TRANSDÜSERLERİ

Daha önce bahsedilen aygıtların pek çoğu bir parçanın veya aletin varlığını algılamak için kullanılmaktadır ve konumun sabit olması gerekmektedir. Genellikle tasarım değişiklikleri veya üretim değişimleri olduğunda yeniden düzenlenmeleri gerekmektedir. Mutlak konum algılayıcıları olarak da adlandırılan elektriksel yerdeğiştirme transdüserleri aletin veya parçanın tam yerini bildirerek daha fazla esneklik sunmaktadır.

Elektriksel aygıtlar üretilen parçaların büyüklüklerini ölçmek için kullanılmaktadır.

Bu bölümde hareketin neden olduğu yerdeğiştirme ölçümü üzerinde durulacaktır. Bu tip ölçümlere örnek olarak konumunun elektriksel olarak gösterimini elde etmek için bir buhar-türbinli regülatör vanasının yerdeğiştirmesi veya test sonuçlarının u.v. kaydını elde etmek için bir dizel-motor testindeki giriş vanasının hareketinin ölçümü gösterilebilir.

Potansiyometre ile Yerdeğiştirme Ölçümü

Doğrusal potansiyometre hareketli bir basınç sezici elemana bağlı bir sürgü (slider) ya da hareketli kontağa sahiptir. Hareketli kontak ya da süpürücü ölçüm elemanı üzerindeki basıncın değişimiyle direnç elemanı üzerinde hareket eder. Potansiyometre direncinin değişmesine neden olan bu hareket bir köprü devresinde gerilim veya akım değişimi şeklindeki elektriksel bir değere çevrilir. Sonuç olarak, mekanik yerdeğiştirme ile orantılı elektriksel işaret elde edilir. Uygun potansiyometre bağlantıları yapılarak belirli bir yerdeğiştirme miktarı ile elektriksel işaretin azalması veya artması sağlanabilir. Çözünürlük veya dirençteki değişimin yerdeğiştirme miktarına oranı tel-sarımlı potansiyometrenin sarımlarının sıklığına bağlıdır. Film-tipi direnç elemanlarının çözünürlüğü yüksektir ve az miktarda kontak sürtünmesi sağlar – ki bu da çalışma için daha az kuvvet uygulanması demektir. Çoğu ölçme ve denetim uygulamalarında elektriksel işaret düzeyi düşüktür ve süpürücüyü hareket ettirmek için gerekli kuvvet de küçüktür.

Doğrusal potansiyometrenin üzerindeki kontak orta noktada iken köprü devresinin değişken direnç elemanı sıfır referans noktasını sağlamak için köprüyü dengeye getirecek şekilde ayarlanır. Süpürücüdeki bir hareket köprüyü dengeden saptırarak bir gerilim yada akım ölçen aygıt olan köprüdeki algılayıcı üzerindeki gerilim değerini değiştirir. Bir yöndeki yerdeğiştirme belirli bir polaritede gerilim ölçümüne neden olurken diğer yöndeki hareket sonucu gerilimin polaritesi değişecektir. Çoğu basınç ölçümleri belirli bir referans noktasının üzerinde ve bir yönde olduğundan, köprü sıfır referans noktasındaki bir basınç değeri için dengeye getirilir. Bu değerin üzerindeki basınç değişimi köprü çıkışında artışa neden olur. Köprü çıkışı da bir referans noktasının üzerindeki basınçla orantılı olarak değişir.

Genellikle köprünün çıkışına algılayıcının duyarlılığı ve doğrusallığını artıran bir işlemsel yükselteç bağlanır. Yüksek kazançlı yükselteçlerle algılayıcının tüm çözünürlüğü artırılır.

Şekil-a'da Omega firmasına ait bir doğrusal potansiyometrik yerdeğiştirme transdüseri görülmektedir. Tek ya da çok turlu potansiyometreler ile de açısall konum algılaması yapılabilir. Omega firmasına ait böyle bir açısall yerdeğiştirme transdüseri Şekil-b'de görülmektedir.



Şekil-a Doğrusal potansiyometrik yerdeğiştirme transdüseri

Hem doğrusal hem de açısall yerdeğiştirmeleri ölçmek için kullanılan potansiyometrik transdüserler teorik olarak büyüklüğü yerdeğiştirme ile orantılı bir çıkış gerilimi vermektedir. Dikkat edilmesi gereken iki önemli nokta şunlardır:

- i) doğrusallıktan aşırı sapmayı önlemek amacıyla yük direnci potansiyometre direncine oranla çok küçük olmamalıdır.
- ii) besleme gerilimi potansiyometrenin maksimum güç anma değerini aşmamalıdır.
- iii)

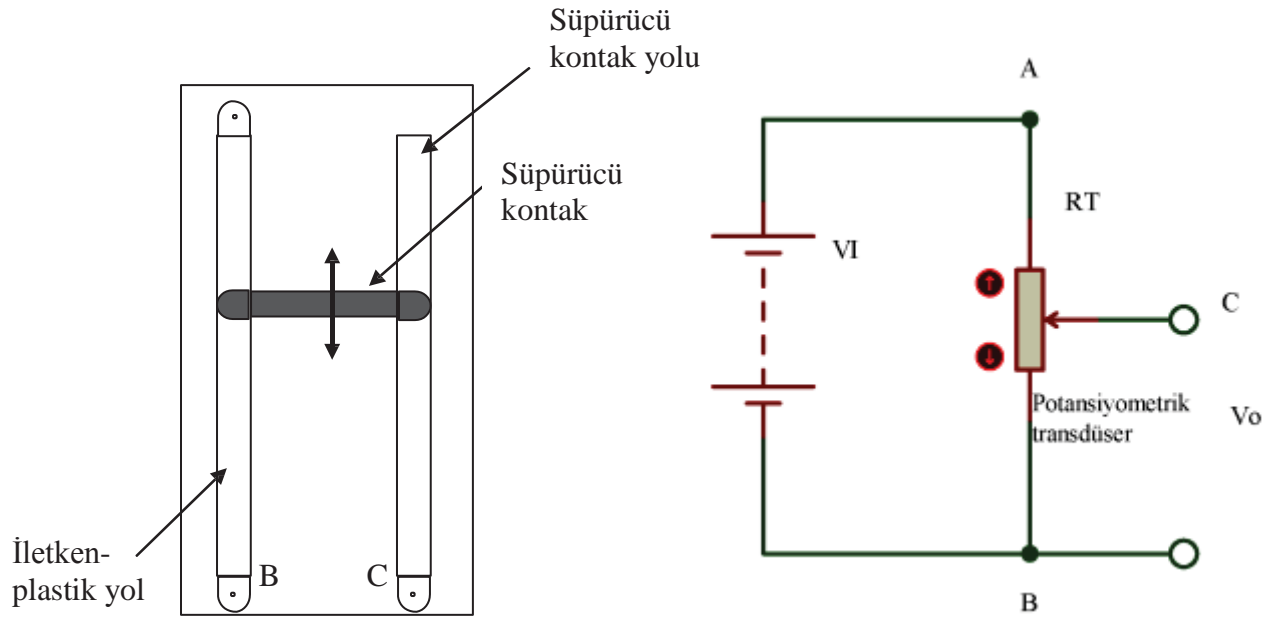


Şekil-b Açısall potansiyometrik yerdeğiştirme transdüseri (RP101, Omega Inc.)

Tercihen potansiyometre yer değıştiren cisme fiziksel olarak bağlanmalıdır, fakat bunun mümkün olmadığı durumlar vardır – örneğin, ortam sıcaklığının transdüser için çok yüksek olması gibi. O zaman, potansiyometre kolu ile ilgili bir düzenleme yapılarak yerdeğiştirme miktarının ölçümü daha serin bir konuma iletilebilir. Aynı zamanda, eğer yerdeğiştirme transdüserin ölçme aralığı için çok büyükse bir kol aracılığıyla azaltılabilir. Eğer bağlantıda bir sallantı varsa ölü bant sorunları ortaya çıkabilir ve bunu en aza indirmek için bazı adımlar izlenmelidir.

Şekil-c'de dirençsel eleman olarak bir iletken plastik hat kullanan doğrusal bir potansiyometrenin yapısı gösterilmektedir. Hareketli süpürücü ile elektriksel kontak

sağlayan düşük dirençli ikinci bir hat vardır ve bu süpürücü konumuna bağımlı değişken bir çıkış gerilimi sağlar. Süpürücü transdüserin gövdesi içinde hareket eden bir mile mekanik olarak bağlıdır ve bu mil sırası geldiğinde yerdeğiştirmesi ölçülecek hareketli cisme bağlanır.



Şekil- c Dirençsel elemanı bir iletken plastik hat olan doğrusal bir potansiyometrenin yapısı

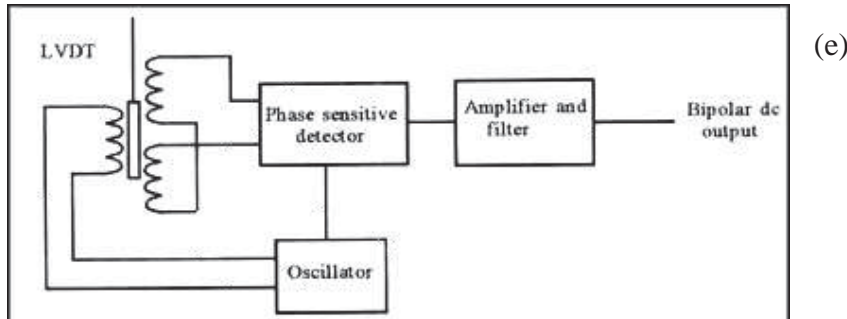
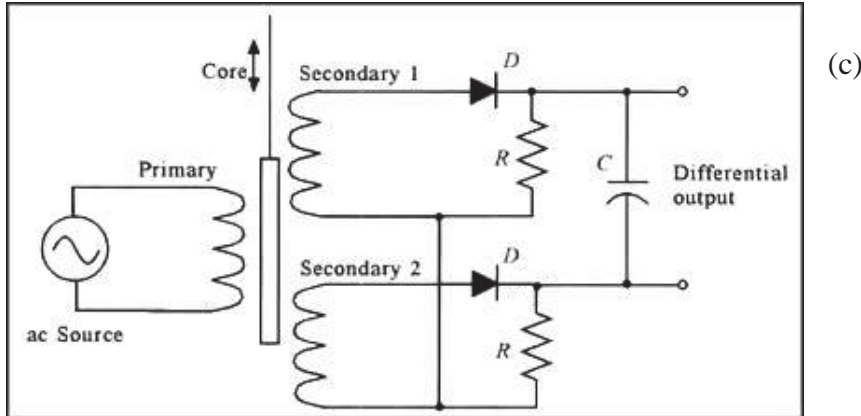
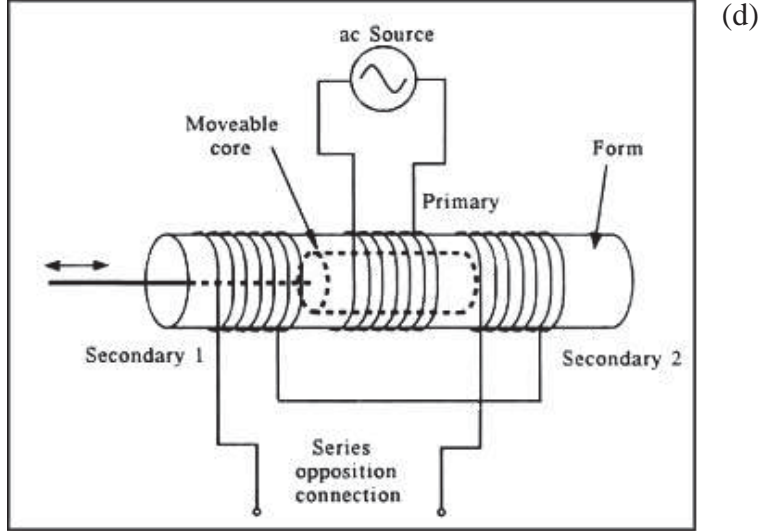
Potansiyometre hem d.c. hem de a.c. gerilimle beslenebilir. DC besleme en basit sinyal uygunlaştırma yöntemidir ve d.c. çıkışın büyüklüğü genellikle kaydedicileri veya gösterge birimlerini doğrudan sürmek için yeterlidir. A.C. besleme değişken bir genlik, diğer bir deyişle, taşıyıcı işareti ortadan kaldırmak için bir demodülatör ve filtreye gereksinim duyan genlik-modüleli işaret üretir. Potansiyometre bir köprü devresine de bağlanabilir; potansiyometre orta konumda olduğunda köprü dengelenecektir.

LVDT ile Yerdeğiştirme Ölçümü

Doğrusal değişken-fark transdüserinin (lvdt) çalışma ilkesi şöyledir: manyetik malzemeden yapılmış bir nüve birincil ve iki adet ikincil sargıları birbirine bağlayan manyetik akıyı değiştirmek için bir bobin sistemi içinde hareket eder (Şekil-d). İki bobin, genliği sıfır başlangıç konumundan olan yerdeğiştirme miktarı ile orantılı olan değişken bir çıkış gerilimi üretmek için ters seri bağlanmıştır. LVDT'nin primerine genellikle pek çok kontrol devresinden elde edilebilecek 12V, 50Hz'lik uyarma gerilimi ile güç verilmektedir. Hareketli nüve iki özdeş sekonder arasında tam olarak merkezlendiğinde, sıfır konumu oluşmaktadır ve bu konumda birincil ve her iki ikincil sargılar arasındaki manyetik bağlantı eşittir, dolayısıyla çıkış gerilimleri S_1 ve S_2 aynı olmaktadır. Bu çıkış gerilimleri genellikle doğrultucularla doğrultularak toplama noktasında birleştirilirler. S_1 'in çıkışı pozitif çıkış gerilimi verecek şekilde doğrultulur ve S_2 'nin çıkışı negatif çıkış gerilimi verecek şekilde doğrultulur. $V_{S1}=V_{S2}$ olduğunda

toplama noktasındaki çıkış 0V olur. LVDT'leri yerleştirirken, sıfır konumunun yerdeğiştirilmesinin iki sınırı arasında orta noktada oluşacak şekilde nüvenin konumlandırılması gerekmektedir.

Hareketli nüve merkezin solunda iken S1 daha yüksek çıkışa sahip olduğundan toplama noktasında pozitif çıkış gerilimi olur. Hareketli nüve merkezin sağında iken S2 daha yüksek çıkışa sahiptir ve toplama noktasındaki çıkış gerilimi negatif olur. Çıkış geriliminin polaritesi cismin merkezin sağında mı, solunda mı olduğunu bildirirken çıkış geriliminin büyüklüğü ise ne kadar sağda veya ne kadar solda olduğunu belirtir.



şekil : Doğrusal değişken-fark transformatörü. (d) sargılar ve ac kaynak bağlantısı, (c) fark çıkış geriliminin doğrultulması ve filtrelenmesi, (e) osilatör, demodülatör ve fark yükseltici blok şeması

Bir genlik modülasyonlu sistem için bir a.c. yükselteç, bir faz-duyarlı demodülatör ve bir filtreden oluşan işaret uygunlaştırıcı devreler gerekmektedir (Şekil-b,c). Bazı transdüserlerde tüm sinyal uygunlaştırma devreleri transdüserin üzerindedir ve l.v.d.t.'yi uyarmak için bir osilatör içermektedir. Çıkış gerilimi 0 ile $\pm 10V$ d.c. sınırları arasındadır. Bir $\pm 15V$ d.c. kaynak ile beslenmelidir. Çıkış gerilimi 0 ile $\pm 10V$ d.c. sınırları içinde olduğundan, kaydedici veya gösterge seçeneği, yerdeğiştirmenin frekansının kaydedicinin sınırları içinde olmasına bağlı olarak, çok geniştir. Aşağıdaki şekilde ticari olarak kullanılan bir doğrusal değişken-fark transformatörü gürölmektedir.



Şekil : Doğrusal değişken-fark transformatörü (LD200, Omega Inc.)

Başlıca Üstünlükleri

- a) Nüve ve sarımlar arasında sürtünme olmadığından l.v.d.t.'nin ömrü potansiyometreninkinden daha uzundur.
- b) Sonsuz çözünürlük.

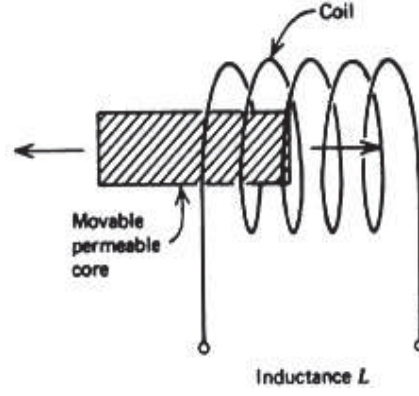
Başlıca Sakıncaları

- a) Besleme frekansının 0.1'ine kadar olan yerdeğiştirme frekansları ölçülebilir.
- b) Şebeke frekansı dışındaki frekanslar için bir osilatör de olmak üzere sinyal uygunlaştırıcı elektronik devrelere gereksinim duyulmaktadır.

Endüktif Yerdeğiştirme Ölçümü-Değişken-Relüktanslı

Yerdeğiştirme Transdüseri

Aşağıda verilen değişken endüktör yerdeğiştirmenin algılanmasında kullanılan bir başka transdüserdir. Doğrusal hareket değişken bobini olarak da adlandırılan transdüser etrafına tel sarılmış bir bobin makarası veya nüveden oluşmaktadır. Bobin ve nüve arasındaki göreceli hareket bobinin endüktansını değiştirir. Bu değişim nüvenin bobin içindeki hareket miktarıyla orantılıdır. Algılayıcı osilatörün frekans belirleyici bölümünde kullanılmaktadır. Bobinin nüvesindeki küçük miktardaki bir hareket osilatörün frekansında kaymaya neden olur. Çıkış salınımlarında bir değişim olur. Bir frekans sayıcı kullanılarak konum yüksek doğrulukla belirlenebilir.



Şekil: Doğrusal endüktif yerdeğiştirme transdüseri

Bu tip transdüserlerle titreşim ölçümleri gibi küçük yerdeğiştirmeler ölçülebildiği gibi 2500mm'ye kadar daha büyük yerdeğiştirmeler de ölçülmektedir.

Bu transdüser bobin içinde hareket eden bir nüvenin yerdeğiştirmesine bağlı olarak bobin endüktansındaki değişmeyi kullanır. Bazı transdüserler fark yaratacak şekilde bağlanmış iki bobinden oluşmaktadır ve geniş bir aralıkta nüvenin yerdeğiştirmesi ile endüktansın doğrusal değişimini ölçmektedir.

LD100 Doğrusal Endüktif Yerdeğiştirme Transdüseri

LD100 Omega firmasının ürettiği bir değişken hassasiyet bobinidir. Helis bir bobin içinde sürtünmesiz hareket edebilen alüminyum ($\mu_r > 1$) veya bakır (diyamanyetik, $\mu_r < 1$) tüp şeklindeki nüveden oluşmaktadır. Sinyal uygunlaştırma devresi bobini tipik 112kHz bir akım kaynağıyla besler. 112kHz'te alüminyumda et kalınlığı 0.25mm civarında ve nüve çapı yaklaşık 10mm'dir. Dolayısıyla, 112kHz'lik manyetik alan pratik olarak nüvenin çoğundan dışlanır ve nüve bobinin içine doğru girdikçe endüktans azalır. Nüvenin bobin içine doğru hareketinin diğer bir etkisi de bobin uçlarındaki direncin artmasıdır, ancak direnç değişimi reaktans değişiminin onda biri kadardır. Nüvenin içteki ucunun bobin uçlarından birkaç çap mesafesi uzakta olması sağlandığında, basit bir helis bobinin bile 112kHz'teki empedansı yaklaşık olarak nüvenin bobin içine doğru olan hareketi ile doğrusal bir ilişki göstermektedir.



Şekil : Endüktif yerdeğiştirme transdüserleri

Dolayısıyla, bobin uçlarında görülen 112kHz'lik gerilim yaklaşık olarak nüve konumunun doğrusal bir işlevidir. İşlemci bu gerilimi doğrultur, bir doğrultulmuş denge sinyalini çıkartarak bipolar bir çıkış üretir ve nüvenin sıfır konumundan hareketi ile orantılı bir gerilim çıkışı üretmek için bu farkı filtreler. Üretim birimlerinde %0.15 doğrusallığı garantileyecek ve bir transdüser uzunluğunu doğrusal ölçme aralığını yalnızca 25mm aşarak üretecek şekilde doğrusallıktan sapmayı azaltmak ve doğrusal ölçme aralığını genişletmek amacıyla geliştirilmiş LDT'ler ve işlemciler üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Sıfır kararlılığı

Önemli bir tasarım hedefi gerilim (sıfır) kararlılığıdır. Denge sinyalini işleyen devre transdüser sinyalini işleyen ile özdeşir ve her kanalda aynı işlevi yerine getiren devre elemanları yaklaşık olarak aynı sıcaklıkta olacak şekilde yerleştirilir. İşlemci tipik sıfır gerilimine %0.15'lik bir ısınma kayması ile ulaşır ve ısınmadan sonra tipik sıfır kararlılığı

%0.025'tir. İşlemcinin ortam sıcaklığındaki değişimler $\pm 60\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 'lik sıfır gerilimi kayması üretir.

Transdüser sıcaklığının değişmesi de sıfır gerilimini etkiler. Bunun asıl nedeni sıcaklık arttıkça nüve malzemesindeki çeper derinliğinin artması, dolayısıyla da endüktansın artmasıdır. Bu etki nüve çapını arttırarak ve yüksek iletkenlikli nüve malzemesi kullanarak azaltılır. 9.5mm'lik nüve tüpü bakırdan yapıldıysa tipik olarak $130\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 'lik (toplam ölçüm aralığına göre sıfır gerilimi), alüminyumdan yapıldıysa $140\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 'lik sıcaklık katsayısına sahiptir. Kompozit nüveler $70\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 'nin altında değerlere de sahiptir.

Kazanç kararlılığı

Diğer bir önemli tarım hedefi de kazanç faktörünün (mm cinsinden nüve hareketi başına volt, V/mm) kararlılığıdır. Kazanç doğrudan uyarma geriliminin frekansı ile orantılı olduğundan, pratik olarak frekans kaymasını gidermek için

işlemcide quartz kristal kullanılmaktadır. Kazanç, transdüseri süren 112kHz'lik akımın büyüklüğü ile de orantılıdır. İşlemci, referans olarak kompanze edilmiş bir Zener diyot kullanarak bu akımı düzenler. Kazanç doğrudan transdüser sinyali oluşturmak için çalışan yükselteç, algılayıcı ve filtre transfer fonksiyonu tarafından etkilenir. Düşük sıcaklık katsayılı elemanlar ve negatif geribesleme kullanarak kararlı hale getirilirler. Tipik olarak işlemcinin kazanç sıcaklık katsayısı 80ppm/°C'dir.

Transdüser sıcaklığını değiştirmek artan sıcaklıkla malzemenin çeper derinliğinin artması ve dolayısıyla nüve çapının değişmesinden dolayı kazancı etkileyecektir. Nüve çapını ve/veya iletkenliği artırmak bu etkiyi azaltır. 9.5mm nüve tüpü kazanç sıcaklık katsayısı tipik olarak bakır için 90ppm/°C, alüminyum için 130ppm/°C'dir.

Endüktif transdüserler için iki olasılık vardır:

- genlik-modülasyonlu çıkış gerilimi üretmek için bunları a.c. beslemeli köprülere bağlamak;
- frekans-modülasyonlu bir işaret elde etmek için sabit bir kondansatör ile "akort etmek".

Kapazitif Yerdeğiştirme Ölçümü

250 mm'lik yerdeğiştirme miktarlarına kadar ölçüm yapabilen küçük yerdeğişimli bir transdüser olan kapasitif yerdeğiştirme transdüserinin çalışma ilkesini anlayabilmek için öncelikle paralel plakalı bir kondansatörde kapasiteyi etkileyen etmenleri hatırlayalım.

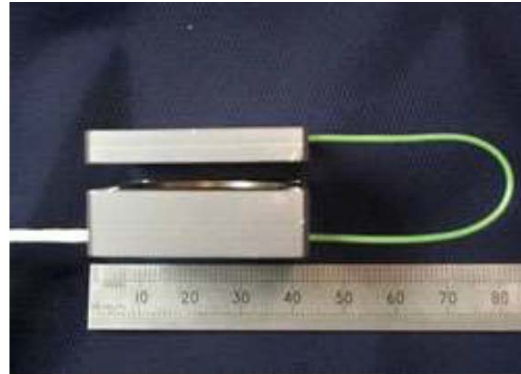
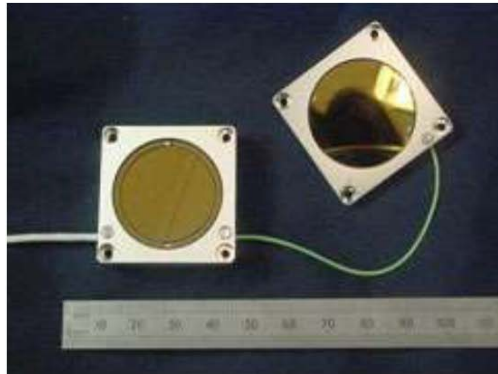
Bir paralel plakalı kondansatörün kapasitesi

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

ile bulunabilir. Burada C Farad cinsinden kapasite, ϵ_0 boşluğun dielektrik sabiti, ϵ_r yalıtkanın bağıl dielektrik sabiti, A m² cinsinden paralel plakaların alanı ve d ise m cinsinden paralel plakalar arasındaki mesafedir. Formülden de görüldüğü gibi, kapasite aradaki mesafe ile ters orantılıdır. Yerdeğiştirmenin ölçümünde böyle bir kondansatörün kullanılması için plakalardan biri sabit, diğeri hareketli olacaktır. Aşağıdaki şekilde 1.5mm ile 4.5mm arası yerdeğiştirme miktarlarını ölçebilen bir kapasitif yerdeğiştirme transdüseri görülmektedir.

(a)

(b)



Şekil : (a) Etkin alanının görüldüğü prop ve hedef sensör, (b) sensör açıklığının görüldüğü prop ve hedef sensör

AÇISAL KONUM MİL KODLAYICILARI

Bahsettiğimiz bütün mutlak konum kodlayıcılarının açisal veya dönme konumunu bildiren tasarımları da bulunmaktadır. Açisal potansiyometreler küçük robotik kolların konumunu çok yüksek doğrulukla bildirirler. Hesaplama sorunlarını ortadan kaldırmak amacıyla yapılacak iş için doğrusal direnç dağılımlı potansiyometre seçilmesi gerekir.

Devamlı olarak dönen milin konumunu belirlerken adi potansiyometre hata yapar; çünkü genellikle uç noktalardan geçerken bir ölü nokta vardır. Bu sorunu gidermek için özel kaliteli “pot”lar olduğu gibi optik diskler ve çözümleyiciler bu tip dönmeyi ölçmek için daha çok kullanılmaktadır.

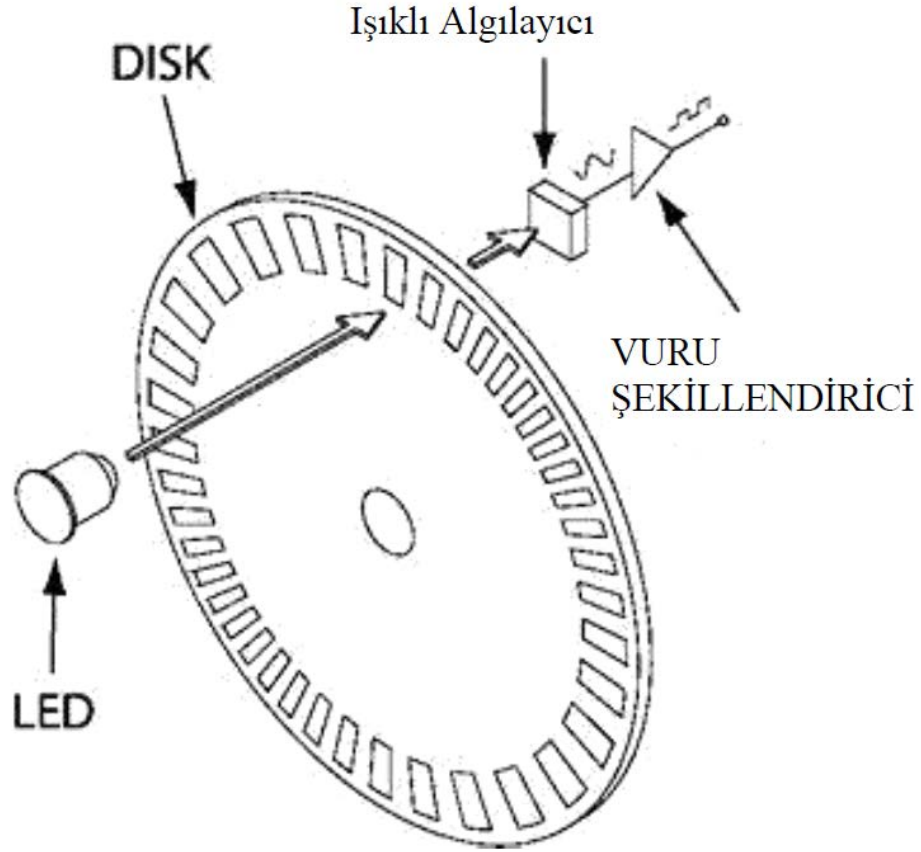
Artırmalı kodlamalı optik disk, çevresi boyunca düzenli olarak yerleştirilmiş ışığı kesen kusursuz çizgilere sahip cam veya pleksiglas diskten oluşur. Bir taraftaki ışık kaynağı (LED) ve diğer tarafına konan fotodiyot veya fototransistör sensörü tamamlamaktadır. Bu kodlayıcı Şekil-4a'da gösterilmiştir. Dijital devre veya bilgisayar aracılığıyla geçen vuru sayısı izlenip açisal konum basit bir aşağı-yukarı sayıcı ile hesaplanır. Aynı aygıt mega baud hızlarındaki verileri kaydedebilen veri kaydedicilerinin motor hızını denetlemek için de kullanılır. Eğer daha az çözünürlük kabul edilebilirse dikkatlice delinmiş delikleri olan bir metal disk cam diskin yerine kullanılabilir.

Artırmalı kodlayıcı bir dizi kare dalga üretir. Kare dalgaların sayısı gerekli mekanik artırmaya karşılık gelecek şekilde yapılabilir. Örneğin, mil dönüşünü 1000 parçaya bölmek için, bir kodlayıcı her devir için 1000 kare dalga çevrimi sağlayacak şekilde seçilebilir. Bu çevrimleri saymak amacıyla bir sayıcı kullanılarak milin ne kadar döndüğünü belirlenebilir. 100 sayma 36 dereceye, 150 sayma 54 dereceye, vb. karşılık gelir. Bir devirdeki çevrim sayısı ışık iletim niteliği ve fiziksel uzaklıkla sınırlıdır.

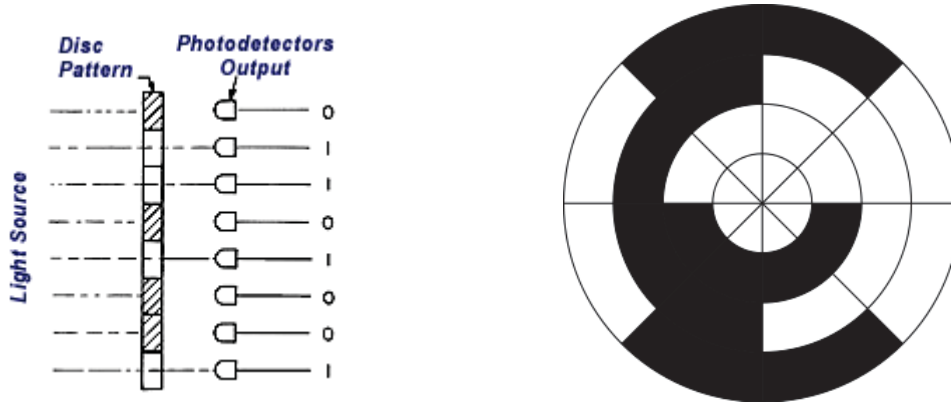
Genellikle, artırmalı kodlayıcılar mutlak kodlayıcılardan daha yüksek çözünürlüğü daha düşük maliyetlerle sağlamaktadırlar. Daha basit bir arabirime sahiptirler çünkü daha az çıkış hattına gerek duyulur. Tipik olarak, bir artırmalı kodlayıcı 4 hatta sahiptir: 2 dördün (quadrature) (A & B) sinyali ile güç ve şase hatları.

Diğer bir optik yaklaşım geçirgen ve karanlık parçalardan oluşan ortak merkezli halkalarla kodlanmış bir disk kullanılmaktadır. Şekil-b'de bu disk gösterilmiştir. Bir mutlak kodlayıcı her konumu ifade eden özgün bir kod örüntüsü ile “sözcük” çıkışı sağlar. Bu kod, bireysel ışıklı algılayıcılara karşılık gelen kodlayıcı disk üzerindeki bağımsız yollardan elde edilir. Bu algılayıcılardan gelen çıkışlar her özel konum için kodlanmış disk örüntüsüne bağlı olarak YÜKSEK veya DÜŞÜK olacaktır.

Mutlak kodlayıcılar bir aygıtın uzun süre çalışmadığı veya düşük hızda hareket ettiği sel taşıyıcı kapağı kontrolü, teleskoplar, vinçler, vanalar, vb. uygulamalarda kullanılır.



Şekil-a: Arttırmalı optik mil kodlayıcı. Dördün (qudrature) çıkışsız.



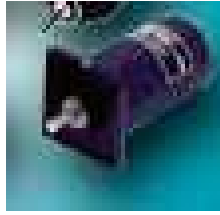
Şekil-b: Solda 8-bitlik optik konum kodlayıcı, sağda 3-bitlik için disk.

Bir çözümleyici ise, dönen LVDT gibi çalışmakta ve çok doğru bir dönme bilgisi vermektedir. Transformatörün birincil sargısı çözümleyicinin gövdesinin içine sarılırken, ikincil sargısı mil üzerine sarılır. Sekonder dönerken sekonderin konumu primere göre değişir ve çıkış mil açısının sinüsü gibi değişir. Milin üzerindeki her konuma karşılık gelen tek bir çıkış olduğundan çözümleyicinin çözünürlüğü konumu hesaplamak için kullanılan yazılım veya donanımla sınırlandırılmıştır. Çözümleyiciler için genellikle altı

telli kabloya gereksinim vardır, ancak bağlantılarının yapılması optik kodlayıcılarınkinden daha ucuza gelmektedir; çünkü gürültüden daha az etkilenmektedirler. Aşağıdaki şekilde çeşitli çözümleyici tipleri görülmektedir.



Şekil-a: Mil açısının kodlanması için denetim elektroniği ile beraber kullanılan dijital mil kodlayıcıları



Şekil-b: Durapot "süpürücü kontaklız potansiyometre" çözümleyicisi mil açısı ile orantılı gürültüsüz örneksel dc çıkış gerilimi sağlar.

Durapot PT çözümleyicisi milin açısal dönüş konumunu çıkışında kullanılabilir bir gerilim ya da akım sinyaline dönüştüren bir seri potansiyometreden oluşur.

Özellikler

Dayanıklı endüstriyel tasarım çözümleyici tabanlı teknolojiyi kullanır.

Güç kesildikten sonra da mutlak konumunu korur.

Elektriksel gürültüye karşı bağışıklık sağlar.

Maliyetli arıza ve bakım süresini azaltır ve çok yüksek doğruluklu konum verisi sağlar.

Hassas uygulamalar için tek veya çok turlu dişli redüktör.

Saat yönünde (CW) ve saat yönünün tersinde (CCW) mil dönüşleri ile artan V(out) seçimi

DC analog gerilimi veya 4-20 mA çıkışa sahiptir.

Kaynak: Yrd. Doç. Dr. Dilşad ENGİN