

DİŞLİSİZ ASANSÖR MAKİNELERİNDE DENGESİZ YÜKTE KALKIŞ GERİ KAYMALARININ İYİLEŞTİRİLMESİ VE SİNCOS ENKODERLER

Melih KÜÇÜKÇALIK
Arkel Elektrik Elektronik Tic.Ltd.Şti.
Tel: 0 216 540 03 10 – e-posta:info@arkel.com.tr

ÖZET

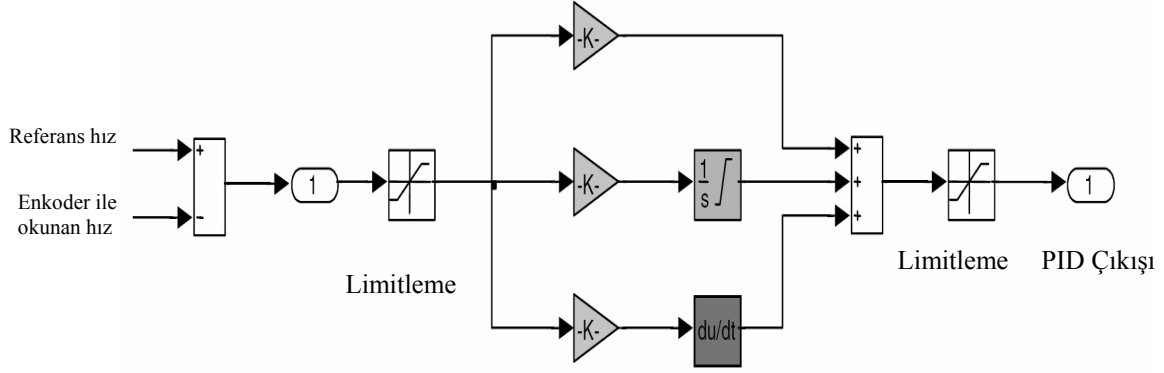
Dişlili asansör makineleri günümüze kadar yaygın olarak kullanılmakta idi. Dişlisiz yeni jenerasyon senkron asansör tahrik makineleri ise; gerek makine dairesiz tasarımı, gerek enerji tasarrufu sağlaması, gerekse de daha ufak yapısı sayesinde gelecekte dişlili asansör tahrik makinelerinin yerini alacak iyi bir alternatif olarak görünüyor.

Anahtar Kelimeler : Dengesiz yük, sincos enkoder

GİRİŞ

Dişlisiz senkron motorlu tahrik makinelerinde, asansör kabini tam yüklü ve yüksüz kalkışlarda dengesiz dağılmış ağırlıktan dolayı ağır olan yöne doğru istemsiz bir kayma yapar. Dişlisiz makinelerde bu sorun dişlili makinelere oranla çok daha hissedilir boyutlardadır. Sorunun daha hissedilir olmasının sebebi, senkron makinelerde redüksiyon olmaması, verimlerinin çok daha yüksek olması, ufak yapısı ve düşük devirleri sebebiyle ataletsizliklerinin daha küçük olmasıdır. Elektriksiz mekanik fren ile duran dişlisiz bir makinenin freni açıldığında dengesiz ağırlığın kabini tam hızına kadar ulaştırması aniden birkaç saniye içinde gerçekleşir. Çünkü dişli sürtünmeleri yoktur ve motor devirleri dişli motorlara oranla 10 ile 30 katı kadar daha düşüktür.

VVVF sürücüler mekanik frenin motoru serbest bırakmasını takiben çok kısa bir sürede ağırlık dengesizliğini karşılayacak torku motorda oluşturmalıdır. Ancak bu işlem, fren açtıktan sonra yapılan ölçümler ile gerçekleştirilirse ölçüm hız ve hassasiyetleri çok önem kazanır. Buna karşılık eğer ağırlık dengesizliği önceden bilirse bu gerekli tork motora fren açmadan da verilebilir. Bunun için asansör kabininde ağırlık ölçümü için elektronik yük hücresi bulunmalı ve VVVF motor sürücüsüne buradan gelen bilgiler iletilmelidir. Farklı yüklerde test sürüşleri yapılmalı ve gerekli ön tork değerleri VVVF sürücüye yüklenmelidir. Fakat yük hücresine bağımlılık, VVVF sürücü ile yük hücresi arasında bağlantı yapılma zorunluluğu ve ayar zorluğu bu yöntemi uygulanabilirliğini azaltmıştır. Bunun yerine frenin açmasını takiben gerekli torku motorda oluşturacak daha pratik alternatif çözümler üretilmesini gerekli kılmıştır. Bu çözüm yolu ise PID hız kontrol çevriminin kazancını yükseltmektir. Fakat kazancını yükseltebilmenin de sınırları vardır. Eğer enkoder üzerinden yeterli hızda bilgi gelmiyorsa, yüksek kazançlı PID çevrimleri stabil kalamayarak salınıma girerler. Yani yüksek PID kazançları için yüksek çözünürlüklü enkoder kullanmak şarttır.



Şekil – 1 PID kontrol yapısı

Yüksek veya düşük enkoder çözünürlüğünün ne anlama geldiğini anlamak için önce enkoder ile hız ölçümünün nasıl yapıldığına bir göz atalım. Enkoder ile hız ölçümü yapmak için birim zamandaki enkoder pals sayısına bakmak yeterlidir.

Hız hesaplama formülünü kısaca belirtmek gerekirse:

$$V = K * \frac{\Delta X}{\Delta T}$$

Burada K bir sabit, ΔX birim zamanda gelen enkoder pals sayısı, ΔT ise iki ölçüm arasında geçen süredir.

K sabiti ise aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$K = \frac{V_{nom}}{Eps * \frac{Nrpm}{60}}$$

Burada V_{nom} asansör nominal hızı , Eps 1 turda enkoder pals sayısı, Nrpm ise motor dakika/devir sayısıdır.

Enkoderden gelen veriler doğrultusunda saniyede yapılan hız ölçümü sayısı $1/\Delta T$ 'dir. ΔT 100ms ise saniyede 10 adet örnekleme yapılıyor demektir. PID çevriminin kazancını yüksek tutabilmek için ise örnekleme sayısı çok daha fazla olmalıdır. 1-2 saniye içerisinde kendiliğinden ağırlık yönüne doğru tam hıza ulaşıldığı düşünülürse, tepkinin çok hızlı ve kararlı olması gerektiği açıktır.

Peki ΔT zamanı küçültülürse ne gibi bir soruna neden olur. Diyelim ki 1:1 askılı 1m/s nominal seyir hızındaki bir asansörde 100cm kasnak çaplı dişlisiz bir tahrik makinesi kullanıldı. Kasnak çapı 100cm olduğu için makinenin saniyede 1 devir atması kabini

1m/s hıza ulaştırmaya yetecektir. Makine üzerinde de dişlili tahrik makinelerinde yaygın olarak kullanılan 1024 pals enkoder olduğunu farz edelim. Eğer saniyede 100 kez hız ölçümü yaparsak, enkoder üzerinden gelen pals sayısı $1024/100 \approx 10$ pals olarak hesaplanır. K sabitimiz de $100/1024$ dur.

Bu durumda hız:

$$V = (10 \text{ pals}/0.01 \text{ s}) * (100\text{cm}/1024 \text{ pals}) (K \text{ sabiti}) \approx 100 \text{ cm/s} \text{ olarak bulunur.}$$

Peki enkoder 10 değil de 9 pals verirse hızımızı hesaplayalım:

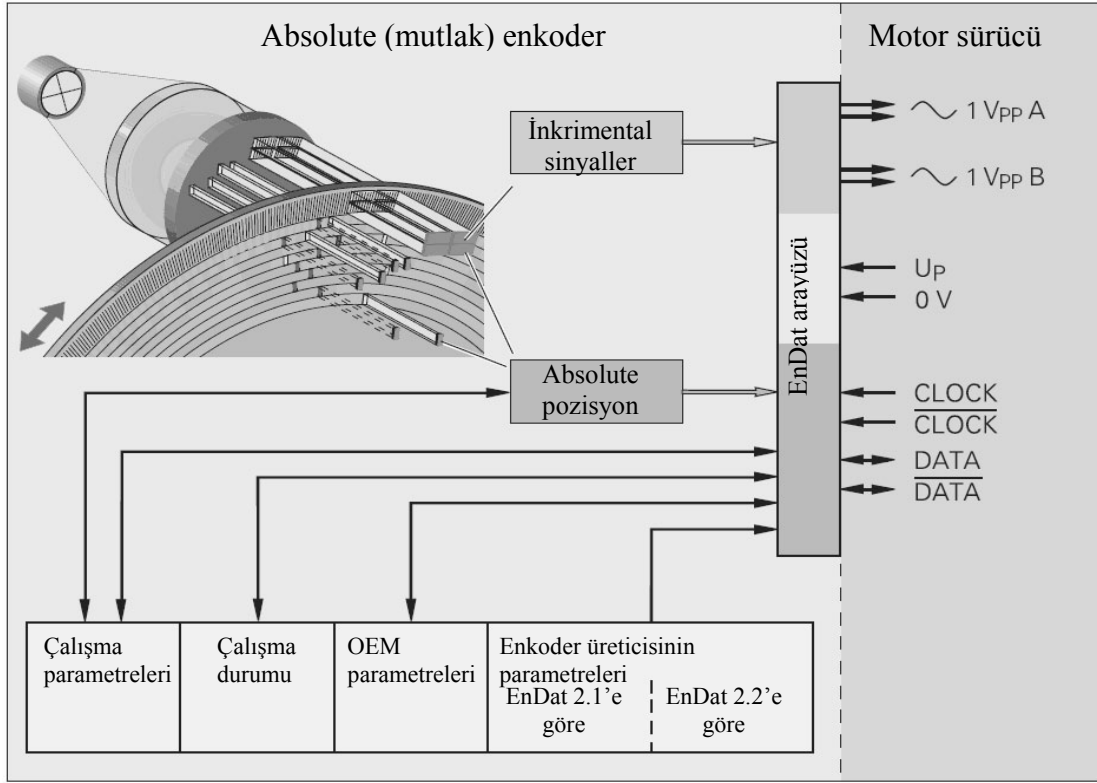
$$V = (9 \text{ pals}/0.01 \text{ s}) * (100\text{cm}/1024 \text{ pals}) \approx 90 \text{ cm/s.}$$

Görüldüğü gibi enkoderden gelen pals sayısı birim zamanda 1 artım yada azalım gösterdiğinde ölçülen hız nominal hızın %10'u kadar artıp azalmaktadır. VVVF sürücünün PID hız regülatörü bu denli yetersiz bir ölçümde kararlı kalamaz ve salınım girer. Kazanç düşürülüp ölçüm zamanı uzatıldığında ise dengesiz yükün oluşturduğu kayma hareketine verilecek cevap çok gecikecek, kabin içerisindeki yolcu kalkış anlarında rahatsız edici zıplamalara ve düşmelere maruz kalacaktır.

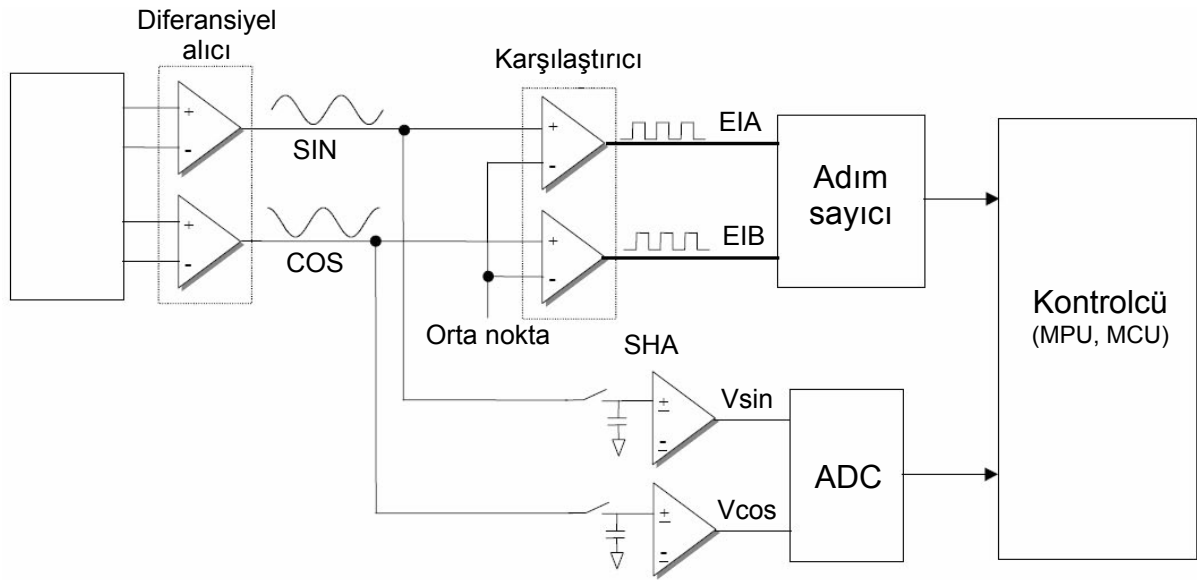
Sorunu çözmek için enkoder çözünürlüğünü artırmak gerekir. 1024 (10bit) değil de 65536 pulse (16 bit) enkoder kullanılmak üzere de gerçekçi olmayacaktır. Çünkü şu an için üretilebilen ve nispeten kabul edilebilir fiyatlı enkoder çözünürlükleri 10 ile 13 bit arasındadır.

Enkoder üzerinde daha fazla yarık açmanın mümkün olmadığı bu gibi durumlarda dijital çıkışların yanı sıra enkoderden analog sinyaller de gönderilir. Bu analog sinyaller 90° faz farkı ile SIN ve COS çıkışları olarak adlandırılırlar. Enkoder diskini okuyan optik okuyucu bir yarıktan bir yarığa geçerken mutlak (absolute) veya artımlı (incremental) dijital çıkış verirken aynı zamanda analog sinyal üreteçleri de 1 tam periyot sinüs ve cosinüs işareti oluştururlar. VVVF motor sürücüler bu dijital ve analog bilgileri ayrı ayrı değerlendirerek okuma çözünürlüğünü arttırırlar.

Şekil-2'de tipik bir sinüsoidal analog çıkışlı bir enkoderin iç yapısı bulunmaktadır. Şekil-3'de ise enkoderden gelen bu sinyalleri değerlendirmek üzere VVVF motor sürücüler üzerinde bulunan enkoder ara yüzü gösterilmiştir.



Şekil-2: Tipik bir EnDat absolute enkoder iç yapısı ve haberleşme arayüzü



Şekil-3: Tipik sinüsoidal enkoder arayüzü

Enkoderden gelen sinüsoidal sinyaller simetrik çıkışlıdır. Her bir sinyal 2.5V referans gerilimi üzerinde tepeden tepeye 500mV genlikli salınımlar yaparlar. Yani gelen sinüs işaretini $[A - /A]$ farkı ile hesaplırsak, toplam genlik 1Vpp'tir. Cosinüs çıkış için de aynı değerler geçerlidir. Sinyallerin simetrik olarak gelmesinin sebebi, enkoder kablosu

boyunca dış etkiler nedeniyle bozulan sinyallerin, fark alma işlemi sırasında dış gürültü bileşenlerinin birbirini yok etmesidir. Periyot açışı ise Arctanjant işlemi ile bulunur.

Periyot açısı = $A \tan (V \sin \alpha / V \cos \alpha)$ ile hesaplanır.

Açının Arc tanjant ile hesaplanması sırasında ise idealde 1Vpp olan işaretin iletim dirençleri ve malzeme toleransları sebebiyle oluşan genlik bozulmaları elemine edilir.

$$V \sin_{ölçülen} = (V \sin(\alpha) + gürültü) * Genlik_{bozulması}$$

$$\bar{V} \sin_{ölçülen} = (-V \sin(\alpha) + gürültü) * Genlik_{bozulması}$$

$$V \cos_{ölçülen} = (V \cos(\alpha) + gürültü) * Genlik_{bozulması}$$

$$\bar{V} \cos_{ölçülen} = (-V \cos(\alpha) + gürültü) * Genlik_{bozulması}$$

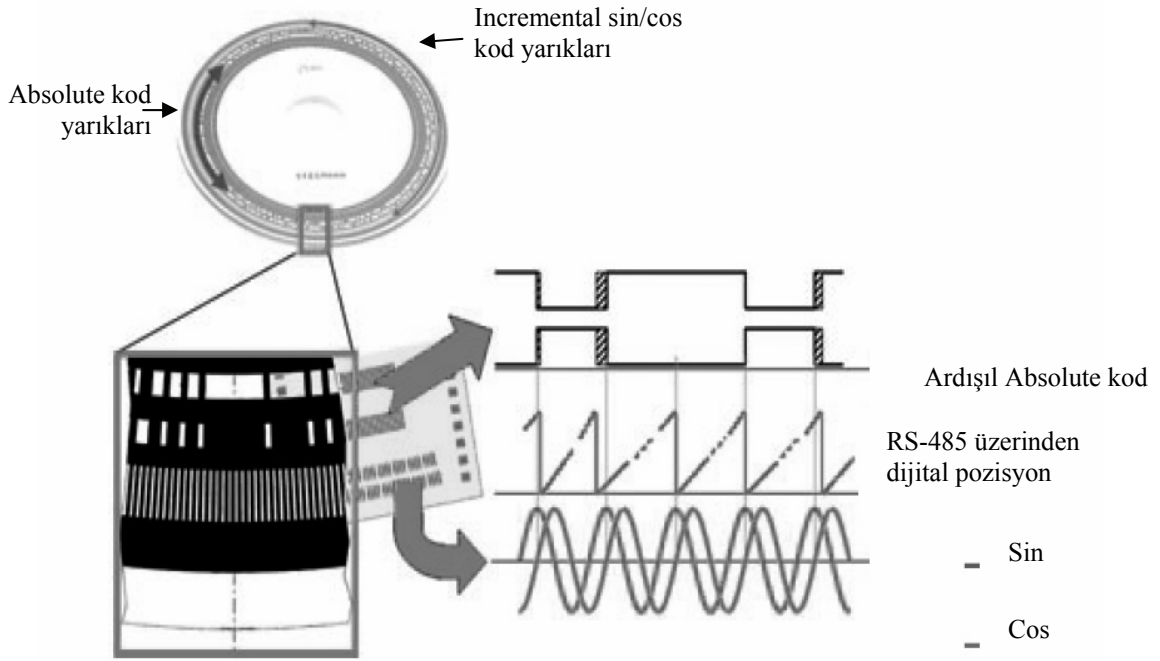
$$Açı = A \tan \frac{V \sin_{ölçülen} - \bar{V} \sin_{ölçülen}}{V \cos_{ölçülen} - \bar{V} \cos_{ölçülen}}$$

$$Açı = A \tan \frac{V \sin(\alpha)}{V \cos(\alpha)}$$

Şekil-3'te gösterilen diyagramda tek bir analog-dijital çevirici (ADC) olduğu için Sinüs ve Cosinüs işaretlerini aynı anda örnekleme için analog-dijital çeviricinin önüne 2 adet Sample&hold (Örnekle ve tut) devresi ilave edilmiştir. Bu sayede 2 işaret aynı anda örneklenir ancak ardışıl olarak dijitale çevrilirler. Örnekle tut devreleri yerine paralel 2 adet analog dijital çevirici kullanmak da mümkündür. İşaretlerin aynı anda ölçülmesi kritiktir çünkü ölçümler arasında zaman farkı olur ise ölçülen sinüs ve cosinüs aynı açının değerleri değildir. Arctanjant işlemi doğru sonuç vermez.

Son olarak analog sinyaller ile elde edilen adımlar arasındaki ilave çözünürlük, adım sayıcısıyla birleştirilerek yüksek çözünürlüklü enkoder bilgisine ulaşılmış olur. 11 bitlik bir enkoderde (2048 pals/tur) 10 bitlik bir ADC ile adım araları da hesaplandığında toplam 21 bitlik bir çözünürlüğe ulaşılır. Bu bir turda 2 milyon farklı konumu hesaplayabilmek demektir ki, en başta bahsettiğimiz asansörün dengesiz yükte geriye kaçmalarını hızlıca bertaraf edebilmemiz için yeterli bir çözünürlüktür.

Şekil-3'de kullanılan adım sayıcı kullanılmayıp, Absolute enkoderden adımlar seri iletişim yoluyla da alınabilir. İster adım sayıcısı kullanılsın isterse de seri yolla alınsın pratikte hiçbir zaman analog sinyal bilgileri ile adım sayıcı bilgileri bir biri ile tam olarak örtüşmez. Arada az da olsa bir faz farkı olabilir (Şekil-4). Eğer bu hata düzeltilmeden birleştirme yapılırsa periyot başlarında ve sonlarında çok büyük hatalı hesaplamalar yapılabilir.



Şekil-4: Tipik bir sinüsodial enkoder çıkış sinyalleri

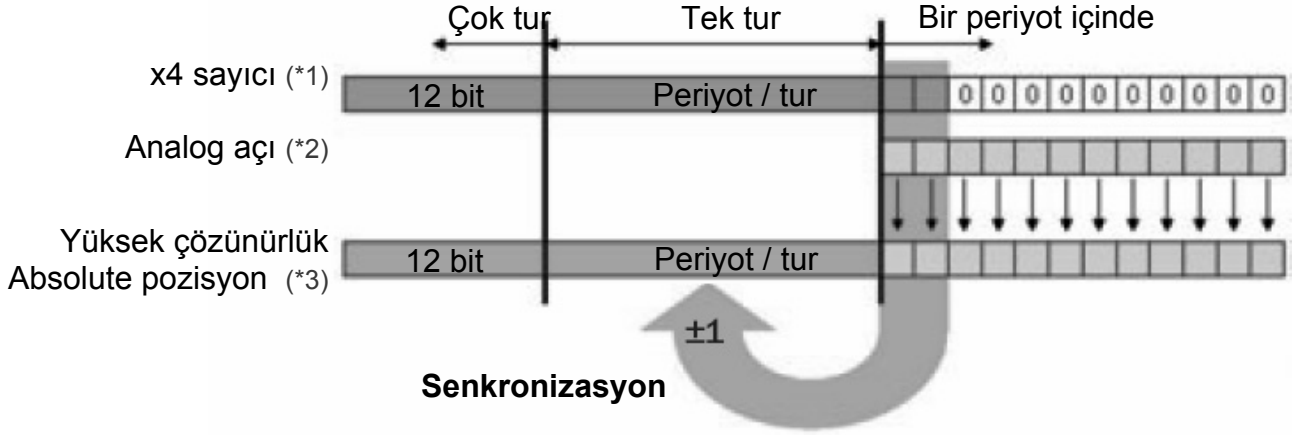
Örneğin enkoder adım sayıcımız tur başına 100 bilgi versin, analog işaret işleme ile de gene her adımı 100'e bölelim. Toplamda $100 \times 100 = 10000$ gibi bir çözünürlüğümüz olmalı.

Digital okunan	Analog okunan	Birleştirilmiş değer
40	98	4098
40	99	4099
41	00	4100
41	01	4101

Yukarıdaki tablo ideal olarak birbiri ile örtüşmüş digital analog sinyalleri göstermekte. Analog sinyalin periyot sonunda geldiğimiz 99 değerinden hemen sonra analog sinyalin yeni periyoduna girdiğimiz ilk 00 değeri ile aynı anda adım sayıcımız da 1 artarak 41 olmakta ve elde edilen veride bir bozulma olmamaktadır. Fakat gerçekte bu mükemmel senkronizasyon tam olarak sağlanamaz. Veri düzeltme şarttır. Aşağıdaki örnek tabloya bakalım.

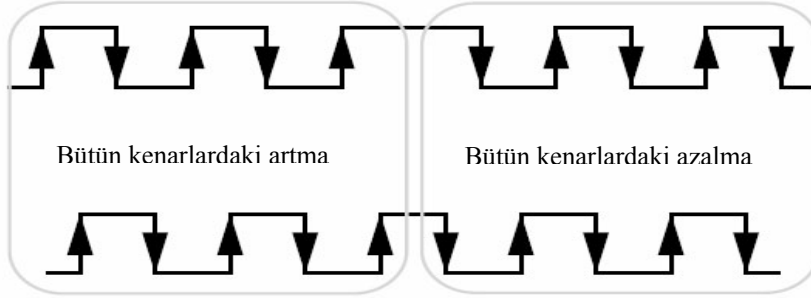
Digital okunan	Analog okunan	Birleştirilmiş değer	Düzeltilmiş değer
40	98	4098	4098
40	99	4099	4099
40	00	4000	4100
41	01	4101	4101
41	02	4102	4102

Adım sayıcımızın ufak bir gecikmesi sonucunda görüldüğü gibi elde edilen enkoder bilgileri arasında oldukça hatalı bir değer oluşmaktadır. Eğer enkoder verisi çok sık hesaplanıyor ise düzeltme işlemi son okunan değerlere en yakın olacak şekilde adım sayıcıya 1 ilave ederek ya da adım sayıcıdan 1 çıkararak yapılabilir.



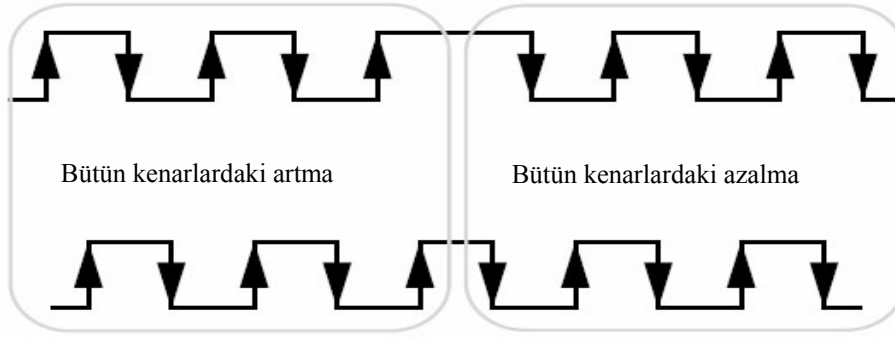
- *1: Periyot sayısı çözünürlüğünde pozisyon bilgisi
- *2: Bir periyot içinde analog sinyallerden hesaplanan açığı
- *3: Birleştirilmiş yüksek çözünürlüklü absolute pozisyon bilgisi

Şekil-5: Enkoder bilgisini hesaplamak için çakışan değerleri kullanma yöntemi

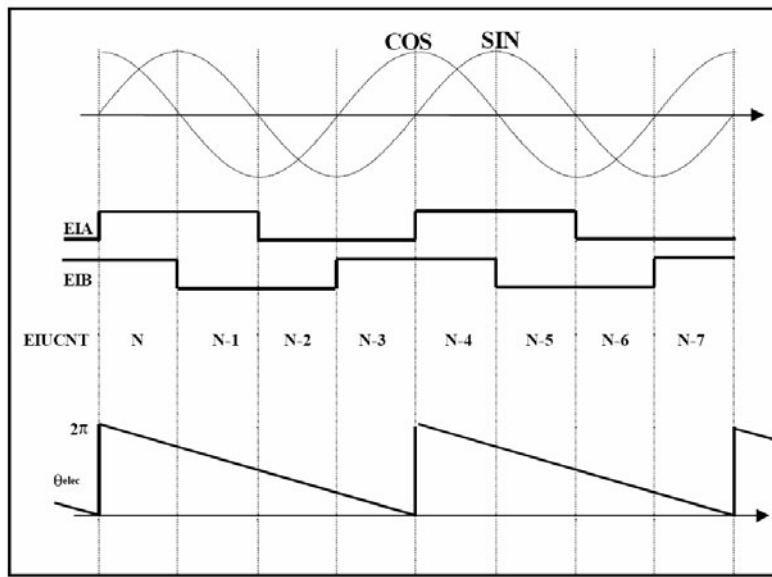


Şekil-6: x1 çözünürlüklü adım sayıcı

Daha sık kullanılan ve enkoder bilgisini hesaplama sıklığından bağımsız olarak düzeltebilmemizi sağlayan başka bir yöntem de vardır. Bu yöntem adım sayma işleminin çözünürlüğünü arttırmak ve analog sinyalin her periyodunda 1 yerine 4 kez adım sayma işlemini gerçekleştirmektir. Bu sayede bir önceki hesaplanan enkoder değerine gerek kalmadan birbiri ile örtüşmesi gereken iki değere (analog ve dijital) bakarak en yakın olacak şekilde adım sayısını 1 artırıp veya azaltarak düzeltme işlemi yapılabilmektedir.



Şekil-7: x4 çözünürlüklü adım sayıcı



Şekil-8: Geriye harekette x4 Adım sayıcı ve Analog işaretler.

Şekilde görüldüğü gibi N-3 bölgesinde Analog açı 0-90' arasında N-4 bölgesinde 270-360' arasında olmalıdır. Analog ölçümler 359' ise fakat adım sayıcı N-3 bölgesini işaret ediyorsa düzeltme işlemi en yakın uyumlu bölge olan N-4'ü adım sayıcı değeri olarak yenilenir.