

Mühendislik Notu: EN0077 Yığınlama Sistemleri İçin Nem Kontrol Yöntemleri

Özet:	Yığınlama sistemlerinde nem kontrolü için kullanılan yöntemler özetlenmektedir		
Etkilenen ürünler:	Tüm Ürünler		
Revizyon Tarihi:	15/10/2024	Yazan:	S.Cook

1 Özet

Bu mühendislik notunda, yığınlama sistemlerinde nem kontrolü için kullanılan yöntemler açıklanmaktadır. Bir yığınlama sistemi, genellikle bir grup ham madde silosu veya besleme hunisinden ve nihai ürün oluşturmak için bu malzemeleri birleştiren bir mikserden oluşur.

Bu mühendislik notunun tamamında Uluslararası Birim Sistemi kullanılmaktadır. Ayrıca suyun özgül ağırlığı 1 kabul edilmektedir. Farklı sıcaklıklarda suyun özgül ağırlığındaki değişiklikler kayda değer olmadığından dikkate alınmaz.

2 Silolar ve besleme hunileri

Formüller veya tarifler genellikle bir malzemenin kuru ağırlığı ile belirtilir. Uygulamada malzemelerin nem içermesi oldukça yaygındır. Bu, malzemenin ağırlığını ve hacim yoğunluğunu etkiler. Yığın yoğunluğundaki bu değişim, tahıl tohumlarında olduğu gibi parçacıkların kendilerinin genişlemesinden veya kumun belirli nem içeriklerinde topaklanmasında olduğu gibi malzemenin yüzey gerilimini değiştirmesinden kaynaklanır.

2.1 Hacme göre yığınlama

Nem kaynaklı hacim değişikliğinin ölçülmesi zordur. Bu değişim çoğu zaman doğrusal değildir ve bu nedenle neme dayalı olarak yapılacak doğru ayarlamaya yönelik ilişkilendirmeyi gerçekleştirmek son derece zordur. Hydronix, hacimsel sistemlerin yerine ağırlık sistemlerinin kullanılmasını tavsiye eder.

2.2 Ağırlığa göre yığınlama

Nem kaynaklı ağırlık değişimi doğrusal bir değişimdir. Suyun özgül ağırlığının sıcaklıkla değiştiği doğru olsa da, hangi açıdan bakılırsa bakılsın sabit 1 olarak ele alınabilir. 1 litre suyun 1 kg olduğu düşünülebileceğinden, bu durum kontrol prosesini basitleştirir.

Örnek:

Malzeme ağırlığı 1.000 kg

Nem İçeriği = %10

$1.000 \times 0,1 = 100$ kg su

0°C'de suyun özgül ağırlığı (ref sic 20°C) = 1,002

$100 \text{ kg} / 1,002 = 99,8$ l

37,8°C'de suyun özgül ağırlığı (ref sic 20°C) = 0,995

$100 \text{ kg} / 0,995 = 100,5$ l

Bu değişim, bir endüstriyel ağırlık yığınlama sisteminde elde edilebilecek hassasiyetten düşük olduğundan, bu notun geri kalan kısmında su için özgül ağırlık 1 olarak varsayılacaktır. Ayrıca tüm malzeme verilerinin bu varsayım ile karşılaştırılacağı varsayılacaktır.

Ağırlık yığılma sistemlerinin malzemeyi zamanı verimli şekilde kullanarak doğru şekilde tartması için önce malzemenin büyük bir bölümünün dozlanması (ana doz olarak bilinir), dozlanan malzemenin tartılması ve daha sonra kalan gerekli malzemenin bir dizi küçük doz halinde eklenmesi gerekir. Küçük dozlar, kapının kısa bir süre için açılıp küçük miktarda malzemenin geçmesine izin verildikten sonra kapının kapatılması anlamına gelir. İstenen miktarda malzeme eklenene kadar her küçük dozdan sonra malzeme tartılır.

Nem kontrolü, toplam yığılma süresini hiçbir şekilde etkilemeden bu prosese entegre edilebilir. Nihai ağırlık hedefi, küçük dozların eklenmesinden önce ayarlanabilir. Bu, malzeme için beklenen nem değişimine bağlıdır. Ana doz, malzemenin nem aralığından daha düşük bir seviyeye ayarlanmalıdır. Bu noktada tartım daha az doğru olduğu için hedefin aşılması ya da altında kalınması durumlarının hesaba katılması için değere %5 oynama payı eklemek mantıklı olacaktır.

Örnek:

Beklenen en düşük nem = %3

Beklenen en yüksek nem = %18

Oynama payı = %5

Nem Aralığı = 18 – 3 = %15

Ana Doz = 100 – 15 – 5 = %80

Ana doz sırasında sensörün nem ölçümlerinin ortalamasının alınması önemlidir. Nem, yığın süresince değişecektir ve telafi işlemi, yığın sonunda herhangi bir okumaya dayalı olarak değil genel neme dayalı olarak gerçekleştirilmelidir.

Ortalama, Hydronix sensörleri tarafından sağlanan Ortalama Alma/Bekletme işlevi kullanılarak alınmalıdır. Bu şekilde, analog döngü boyunca sensör çıkışlarının okunmasından, kabloda oluşan gürültü gibi çıkışlardan veya analog kart girişinin çözünürlüğünden kaynaklanabilecek hatalar önlenir.

Sensördeki ortalama alma özelliği, sensörün dijital girişine güç sağlanarak veya RS485 bağlantısı üzerinden kullanılabilir.

Ana dozdan sonra ortalama değer saklanır ve sensörden alınarak nihai ağırlık hedefi ayarlanabilir. Tartılması gereken malzemenin gerçek ağırlığını hesaplamak için aşağıdaki formül uygulanmalıdır:

$$T = T_d(\%100 + \%M)$$

Şekil 1: Yaş Ağırlık Hesaplaması

Konum:

T = Eklenecek malzemenin Toplam Ağırlığı

T_d = Yığın için gerekli malzemenin kuru ağırlığı

M = Malzemenin nemi (NB: %100 = 1, %M = Nem/100)

Örnek:

Malzemenin Hedeflenen Kuru ağırlığı = 1.000 kg

Ana doz = %80

Ana doz hedefi = 1.000 x 0,8 = 800 kg

Gerçek ana doz ağırlığı = 780 kg (bazı tartım hataları hesaba katılarak)

Ortalama Nem = %10

Nihai Hedef = 1.000 x (%100 + %10) = 1.000 x (1 + 0,1) = 1.100 kg

2.2.1 Kontrol Prosesleri

Besleme hunisinin/silonun her zaman sadece bir malzeme alacağı sistemler için kalibrasyonun sensörde tutulması ve sensörün çıkışının ortalama nemi verecek şekilde ayarlanması tavsiye edilir. Farklı zamanlarda birkaç malzeme alabilecek sistemler için sensörün çıkışının ortalama Ölçeklenmemiş şeklinde ayarlanması tavsiye edilir. Bunun ardından kalibrasyon kontrol sisteminde yapılmalıdır.

Sensörün nem çıkışı için yapılandırıldığı besleme hunisi/silo yığınlama prosesinde Sözde Kod.

1. Ana doz hedefini nihai hedefin belirli bir yüzdesine ayarlarken hedefin aşılması olasılığını ve nem değişimini hesaba katın (Not: Yukarıdaki örnekte bu hedef %80 olarak belirlenmiştir).
2. Besleme Hunisi/Silo kapısını açın.
3. Dijital girişe güç vererek veya RS485 üzerinden ortalama almayı başlatma komutu göndererek sensörde ortalama almaya başlayın.
4. Ağırlık ölçeği hedefin altındayken, hedefe ulaşılan kadar kapıyı açık tutun.
5. Dijital girişin gücünü keserek veya RS485 üzerinden ortalama almayı durdurma komutu göndererek Ortalama Almayı durdurun.
6. Besleme Hunisi/Silo Kapısını kapatın.
7. Sensörden ortalama nem okumasını alın ve şekil 1'deki denklemi kullanarak nihai hedef ağırlığı hesaplayın.
8. Ağırlık ölçeği nihai hedefin altındayken, nihai hedef kabul edilebilir oynama payı dahilinde olana kadar kapıyı kısa süreler için açıp kapatın (küçük dozlama).

Birden fazla kalibrasyonu olması gereken sistemler için Ölçeklendirilmemiş değerden nemin hesaplanması gerekir. Sensörden nem ilavesine olan yanıt doğrusal olduğundan bu basit bir işlemdir.

$$\%Nem = B. \text{Ölçeklenmemiş} + C - D$$

Şekil 2: Ölçeklenmemiş değerden Nem Hesaplaması

Konum:

B = %Nem değişimi (gradyan) başına Ölçeklenmemiş değişim

C = Sapma (nem = 0 olduğunda teorik Ölçeklenmemiş değer)

D = Emilim değeri

Not: D değeri sadece toplam nem yerine serbest nem gösterilecekse gereklidir; aksi halde 0 olarak ayarlanabilir.

2.2.2 Malzeme Kalibrasyonu

Malzeme kalibrasyonu sırasında, malzemenin nem içeriği ve bu nemdeki Ölçeklenmemiş değer, tercihen malzemenin çalışma aralığının tamamı boyunca birkaç nokta için alınmalıdır. Malzemenin çalışma aralığı, malzemenin üretim sırasındaki mümkün olan en düşük nemi ile en yüksek nemi arasındadır. Çalışma aralığı üzerinde en az 3 puan olması tavsiye edilir. Hydronix sensörleri, bir malzemenin su emilim değeri altındaki nemleri ölçmek için kullanılamaz ve bu nedenle malzemelerin bu değerlerin üstünde tutulması tavsiye edilir.

Örnek:

Kumun %1,5'lik bir su emilim değeri vardır ve %16 seviyesinde doyumluğa ulaşır.

Üretimde kumdaki nem oranı %2 ile %8 arasında tutulmalıdır, aksi takdirde prosese fazla su eklenmiş olacaktır.

Bu nedenle çalışma aralığı %2-8'dir.

Kum için numuneler yaklaşık %2, 5 ve 8 seviyelerinde toplanmalıdır.



Birden fazla noktadan B ve C değerlerini hesaplamak için birçok yöntem bulunmakla birlikte bunlardan belki de en yaygın olanı doğrusal en küçük kareler regresyonunu kullanmaktır. Bu yöntem Hydronix'in tavsiye ettiği yöntemdir.

$$B = \frac{\sum \text{Nem Değerleri} \cdot \text{Ölçeklenmemiş Değerler} - \left(\frac{\sum \text{Nem Değerleri} \cdot \sum \text{Ölçeklenmemiş Değerler}}{\text{Nokta sayısı}} \right)}{\sum \text{Ölçeklenmemiş Değerler}^2 - \left(\frac{\sum \text{Ölçeklenmemiş Değerler} \cdot \sum \text{Ölçeklenmemiş Değerler}}{\text{Noktasayısı}} \right)}$$

Şekil 3: B değerinin Hesaplanması

$$C = \frac{\sum \text{Nem Değerleri} - B \cdot \sum \text{Ölçeklenmemiş Değerler}}{\text{Nokta sayısı}}$$

Şekil 4: C değerinin Hesaplanması

Örnek

Ölçeklenmemiş	Nem
20	2
30	5
40	8

$$B = \frac{((20 \cdot 2) + (30 \cdot 5) + (40 \cdot 8)) - ((2 + 5 + 8) \cdot (20 + 30 + 40) / 3)}{((20 + 30 + 40) \cdot (20 + 30 + 40) / 3) - ((2 + 5 + 8) \cdot (20 + 30 + 40) / 3)}$$

$$B = \frac{510 - (15 \cdot 90 / 3)}{(400 + 900 + 1600) - (90 \cdot 90 / 3)}$$

$$B = \frac{60}{2900 - 2700}$$

$$B = 60 / 200$$

$$B = 0,3$$

$$C = \frac{((2 + 5 + 8) - 0,3 \cdot (20 + 30 + 40))}{3}$$

$$C = \frac{(15 - 27)}{3}$$

$$C = -4$$

3 Mikserler

Mikserlerdeki nem kontrolü genellikle belirli bir hedef değere kadar su ilave etmeyi içerir. Bunun için bir hesaplama yöntemi veya küçük miktarlarda besleme yöntemi kullanılabilir. Hesaplama yöntemi, malzeme neminin ölçülmesini ve ardından tek bir dozda ilave edilecek su miktarının hesaplanmasını içerir.

Hesaplama yöntemi için malzemelerin doğru kuru ağırlıkları gereklidir.

Küçük miktarlarda besleme yöntemi kuru ağırlıkların hatalı olması durumuna karşı daha esnek, ancak hesaplama yönteminden daha yavaştır.

Küçük miktarlarda besleme yönteminin kullanılabilmesi için istikrarlı bir su basıncı gereklidir.

Bu belge, her bir yöntemde kullanılan kontrol proseslerini kapsar. Yöntemlerin kullanımı hakkında daha fazla açıklama için HD1048, Hydro-Control (HC07) Operatör Rehberi Bölüm 4 ve 5'e bakın.

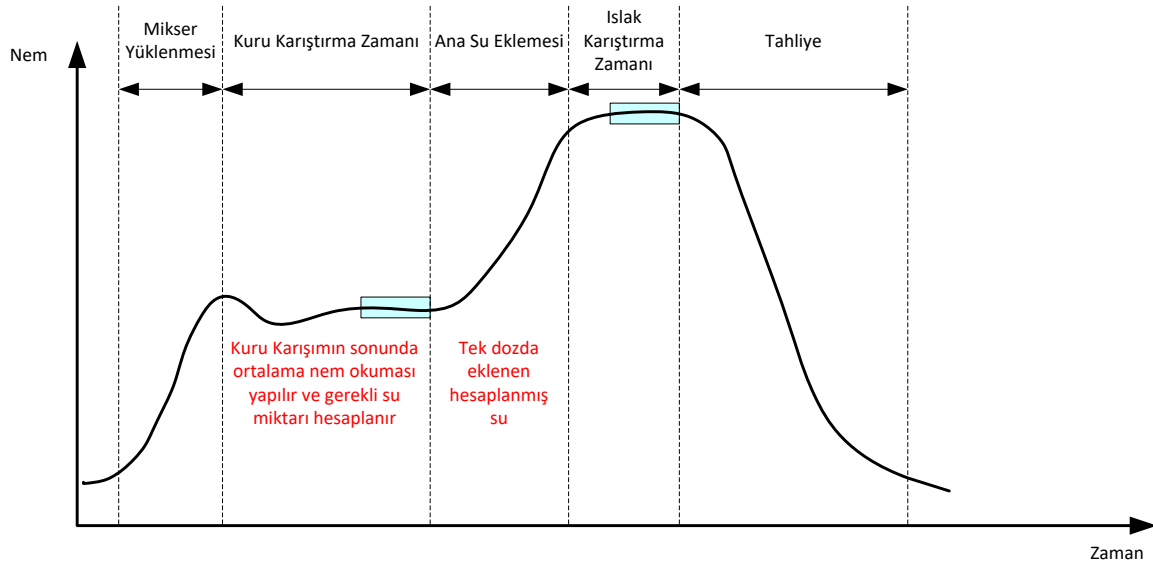
HD1048'da hesaplama modu "CALC" modu olarak adlandırılır. Küçük miktarlarda besleme yöntemi "AUTO" modu olarak adlandırılır.

Genellikle aynı anda tek bir malzemeyi tutan besleme hunileri ve siloların aksine, karıştırma işleminde malzemelerin bir araya getirilmesi gerektiğini unutmayın.

Bileşen malzemelerinin aynı oranlarda kaldığı ve birbirlerine karışarak homojen hale gelmek için yeterli zamana sahip oldukları sürece, bir malzeme karışımı tek bir malzeme olarak kabul edilebilir. Bir malzeme karışımı genellikle endüstri türüne bağlı olarak bir tarif veya formül olarak adlandırılır. Temelde aynı şeylerdir.

Bir karışım döngüsünde şunlar bulunur:

1. Malzeme ilavesi
2. Sabit bir sinyale ulaşılan kadar malzemeleri karıştırma
3. Su ilavesi
4. Sabit bir sinyal elde edilene kadar malzemeleri ve suyu karıştırma
5. Malzemeyi boşaltma

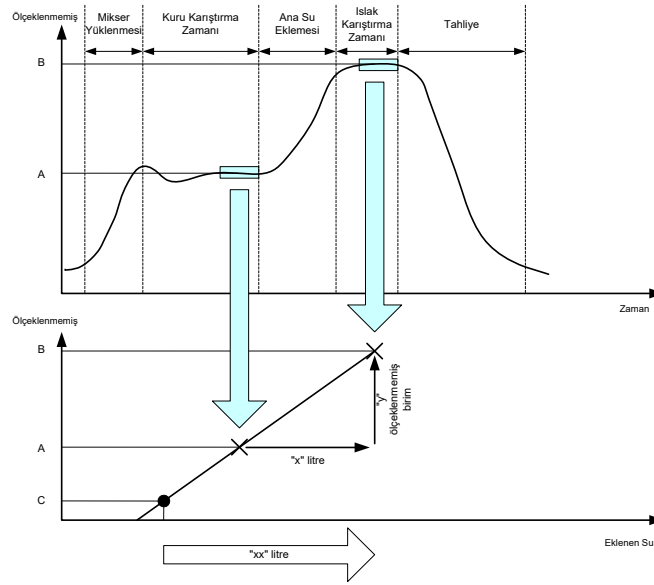


Şekil 5 - Karışım döngüsü

Farklı aşamalarda farklı malzemelerin eklenmesi gerekiyorsa veya malzemelerin eklenmesi sensör sinyali üzerinde olumsuz etkiye neden oluyorsa (örneğin metaller), 2-4. adımları tekrarlamak gerekebilir.

3.1 Hesaplama yöntemini uygulama

Ne kadar su ekleneceğini hesaplamak için sensörden alınan Ölçeklenmemiş değer kullanılmalıdır. Hesaplama yapmak için tarif tasarımına ve operatörün gelen malzemelerin nem içeriği hakkındaki bilgisine dayalı olarak, operatörün önceden belirlenmiş bir miktarda su ilave edilebilecek bir manuel yöntem kullanmasına izin verilmesi gerekir. Bu, operatörün bir referans karışım oluşturmasına izin verecektir. Şekil 6, referans karışım prosesini göstermektedir



Şekil 6: Karışım döngüsünden kalibrasyon noktaları

Kuru karışım süresinin sonunda ve ıslak karışım süresinin sonunda sabit bir ölçüm elde edilir. Sensörden gelen sinyalin en az beş saniye boyunca ortalanmasının alınması tavsiye edilir.

Nem artışı birimi başına Ölçeklenmemiş değişim (grafikğin gradyanı), şekil 7'de gösterildiği gibi hesaplanabilir.

$$B = \frac{100 \cdot \text{Water}}{\text{Kuru ağırlık} (\text{Ölçeklenmemiş}_{\text{Islak}} - \text{Ölçeklenmemiş}_{\text{Kuru}})}$$

Dikkat: 100 değeri, Şekil 2'deki denklemde B değerinin kullanılmasını sağlayan bir ölçeklendirme faktörüdür

Şekil 7: Su ilavesi gradyanının hesaplanması

Kuru ağırlığın, su ve gelen malzeme içinde zaten bulunan nem hariç tüm malzemelerin toplam kuru ağırlığı olduğunu unutmayın.

Tarifte, üretim sırasında kullanılmak üzere ıslak karışım değeri ve B değeri kaydedilmelidir. Kuru bir tarife veya formüle ne kadar su ekleneceğini hesaplamak için şekil 8'deki denklem kullanılabilir.

$$\text{Gerekli Su} = \frac{\text{Kuru ağırlık} \cdot B \cdot (\text{Ölçeklenmemiş}_{\text{Hedef}} - \text{Ölçeklenmemiş}_{\text{Mevcut}})}{100}$$

Not: 100 değeri, Şekil 2'deki denklemde B değerinin kullanılmasını sağlayan bir ölçeklendirme faktörüdür

Şekil 8: Karışım sırasında gerekli suyun hesaplanması

Bir nem değerinin hesaplanması için bir sapmanın uygulanması gerekir. Bir sapmanın hesaplanması için de kullanıcının son nem değerini belirtmesi gerekir. Bu değer, nihai ürünün laboratuvarında test edilmesiyle elde edilebilir ya da bu mümkün değilse (kimyasal reaksiyonun suyu başka bir maddeye dönüştürmeye başladığı beton üretiminde olduğu gibi) şekil 9 kullanılarak nem içeriği hesaplanabilir.

$$\%Nihai\ Nem = \frac{100(Hammaddelerdeki\ su + Karışım\ sırasında\ eklenen\ su)}{Malzemenin\ Toplam\ Kuru\ ağırlığı}$$

Şekil 9: Ürünün nihai nemini hesaplama

Sensörün Ölçeklenmemiş değerini gösterim amacıyla nem içeriğine dönüştürmek için şekil 10'da gösterildiği gibi bir sapma hesaplanmalıdır.

$$C = Nem_{hedef} - Ölçeklenmemiş_{hedef} \cdot B$$

Şekil 10: Kalibrasyon için sapmanın hesaplanması

Daha sonra şekil 2'deki denklemleri kullanarak nemi görüntülemek mümkündür.

3.2 Küçük miktarlarda besleme yöntemini uygulama

Küçük miktarlarda besleme yönteminin en etkili versiyonunda su akış hızı değiştirilir. Böylece su ekleme işleminin başlangıcında akış hızı yüksek olur ve hedefi aşmamak için tarifi nem seviyesi hedef neme yaklaştıkça akış hızı düşürülür. Bunu yapmak en sık kullanılan yöntem, bir Oransal İntegral Türev Kontrolörü (PID Kontrolör) uygulamaktır. Çoğu PLC sisteminde yerleşik işlev blokları olarak PID Kontrolörleri bulunur.

PID kontrolörünün daha kapsamlı açıklaması için HD1048 Bölüm 9 kısım 3.3'e bakın.

Mikser sistemine oransal bir valf takılıysa, bunun yapılması nispeten kolaydır. Sistem, bir Oransal kazanç değeri, bir integral kazanç değeri ve bir türev kazanç değeri saklamalıdır. Karıştırma sistemleri hedef aşımı durumundan (çok fazla su) kurtulamayacağı için türev değeri 0 olarak ayarlanmalıdır.

Ardından aşağıdaki denklem kullanılarak oransal valf için Kontrol Çıkışı bulunabilir.

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

Burada:

K_p : Oransal kazanç, ayar parametresi

K_i : İntegral kazanç, ayar parametresi

K_d : Türev kazanç, ayar parametresi

e : Hata = Hedef Değer (Ölçeklenmemiş) – Mevcut değer (Ölçeklenmemiş)

t : Zaman veya anlık zaman (şimdiki zaman)

T : Entegrasyonun değişkeni, 0'dan şimdiki zamana kadar değerler alır t .

$MV(t)$ = Ayarlanmış değişken (veya Kontrol Çıkışı). Bu değer, valf olması durumunda 0-100 ile sınırlıdır.

Oransal kısım esasen basit bir hata oranıdır; dolayısıyla hata ne kadar büyük olursa yanıt o kadar büyük olur. İntegral kısmı, zaman içindeki hata toplamıdır. Hata ne kadar uzun sürerse, hataya verilen yanıt o kadar büyük olur. Türev kısmı hatanın değişim oranıdır. Hatadaki değişim oranı yüksekse türev kontrolünün etkisi daha büyük olur. Bu etki, hata değişim oranının yanlış yönde arttığı ve bu şekilde döngünün agresifliğini düşürdüğü hedef aşımı durumlarında en kuvvetli şekilde gözlenir.

Örnek

Hedef = 50 Ölçeklenmemiş
Oransal kazanç, $K_p = 5$
İntegral kazanç, $K_i = 0,1$
Türev kazanç, $K_d = 0$

@ Zaman, $t = 0$
Mevcut Ölçeklenmemiş = 30

$MV(t) = 5(50-30) + 0,1(50-30) + 0(50-30)$
 $MV(t) = 100 + 2 + 0$
 $MV(t) = 102$

> $MV(t)$ limiti, dolayısıyla Kontrol Çıkışı(C.O) = 100

@ $t=1$
Mevcut Ölçeklenmemiş = 40

$MV(t) = 5(50-40) + 0,1(50-40) + 0,1(50-30) + 0(50-40)$
 $MV(t) = 50 + 1 + 2 + 0$
 $MV(t) = 53$
C.O = 53

@ $t=2$
Mevcut Ölçeklenmemiş = 45 (C.O < 100 olduğundan artışta azalma)

$MV(t) = 5(50-45) + 0,1(50-45) + 0,1(50-40) + 0,1(50-30) + 0(50-48)$
 $MV(t) = 25 + 0,5 + 1 + 2 + 0$
 $MV(t) = 28,5$
C.O = 28,5

@ $t=3$
Mevcut Ölçeklenmemiş = 50
 $MV(t) = 5(50-50) + 0,1(50-50) + 0,1(50-45) + 1(50-40) + 0,1(50-30) + 0(50-50)$
 $MV(t) = 0 + 0 + 0,5 + 1 + 2 + 0$
C.O = 3,5

Bu noktada hedefe ulaşılmıştır ve valf kapatılabilir. Herhangi bir integral kazanç kullanılmamışsa, mevcut değer hedefe yaklaştıkça valf daha fazla kapatılmış ve böylece artışı önemli ölçüde yavaşlatmış olacaktır. Bunun yapılması daha uzun süren su ekleme sürelerine yol açar, ancak hedefin aşılmasına neden olma olasılığı daha düşüktür. Karıştırma işlemi gerçekleştirilirken bir miktar su kaybının olduğu proseslerde elde edilen integral kazanç, zaman ilerledikçe döngünün agresifliğini artırır ve bu da kayıpların neden olduğu sapmayı etkili biçimde ortadan kaldırır.

Çoğu mikser sistemi hedefi aşan eklemeleri kaldıramayacağından, bir ölü bant bölgesi eklemek gerekir. Bu genellikle gerçek hedefe kıyasla bir sapma oranıdır ve hedef aşımını önlemeyi amaçlar. Örneğin, hedefin %5 nem olması durumunda, kontrolörü %4,8 seviyesinde durdurmak için %0,2'lik bir sapma eklenebilir. Bu, suyun eklenmesi ile karışması ve sensör tarafından ölçülmesi arasında geçen süreyi telafi eder.

Oransal valfler yerine sadece dijital valflere sahip sistemlerde, mümkün olan en iyi şekilde oransal bir valfi taklit etmek gerekir. Bunu yapmanın basit bir yöntemi aşağıdaki örnekte gösterilmiştir

Örnek

1. *Bir valfi kapalı konumdan açık konuma ve sonra tekrar kapalı konuma getirmek için gereken süre gibi bir döngü süresi tanımlayın*
2. *5 döngü süresi gibi bir kontrol süresi tanımlayın.*
3. *Her kontrol süresinin ardından $MV(t)$ hesaplaması yapın.*
4. *$80 < MV(t) \leq 100 =$ Valf, 5 döngü süresi boyunca açık konumda kalır
 $60 < MV(t) < 80 =$ Valf, 4 döngü süresi boyunca açık ve 1 döngü süresi boyunca kapalı konumda kalır
 $40 < MV(t) < 60 =$ Valf, 3 döngü süresi boyunca açık ve 2 döngü süresi boyunca kapalı konumda kalır
 $20 < MV(t) < 40 =$ Valf, 2 döngü süresi boyunca açık ve 3 döngü süresi boyunca kapalı konumda kalır
 $0 < MV(t) < 20 =$ Valf, 1 döngü süresi boyunca açık ve 4 döngü süresi boyunca kapalı konumda kalır*

Tüm PID kontrolörlerinde olduğu gibi, karıştırma sisteminde optimum performansa ulaşan değerleri elde etmek için bir miktar deneme yapılması gerekir.