

senkrolar

Belike URAL

UDK: 621.372.543.3

ÖZET

Bu yazıda senkroların kuramı ve türleri incelenmiş, sanayideki uygulamaları örneklerle açıklanmıştır.

SUMMARY

Theory of synchros and their different types are discussed, their application in the industry is illustrated with some examples.

1. GİRİŞ

Kumanda mili açısıyla kumanda edilen mil arasındaki farkı ölçmek ve bu farkı elektriksel işaret gerilimine dönüştürmek için bir yöntem, magnetik bağlantılıdır ve senkroar, pikoflar, lineer transformatörler, differansiyel transformatörler ve E transformatörleri bu ilkeye göre çalışır.

Belike Ural, Y.Müh., Öğretim Görevlisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Fakültesi.

Bunlardan da en çok kullanılanı senkrolardır.

Potansiyometreler de otomatik kontrolde hata detektörü olarak kullanılırsa da fırça ve sargı eskimesi, alçak gerilim duyarlılığı ve sınırlı açısal dönme gibi sakıncaları vardır. Bunun için kontrol sistemlerinde senkrolar aranır.

Senkro çifti otomatik kontrolde hata detektörü olarak çok kullanılır.

Kumanda mili dişli üzerinden ya da doğrudan senkro ileticisinin (generatörünün)

Şekil 1.

miline bağlıdır. Senkro ileticisi ise alternatif gerilimle uyarılır.

Senkro ileticisiyle senkro kontrol transformatörü üç iletkenle bağlanmışlardır ve birbirlerinden oldukça uzakta olabilirler. Böylece uzaktan kumanda da gerçekleşmiş olur. Senkro kontrol transformatörü de kontrol edilen mile dişli üzerinden ya da doğrudan bağlı olabilir ve senkro kontrol transformatöründen çıkan iki iletkenle alternatif gerilim, giriş ile çıkışın farkı ya da hata olarak, amplifikatör üzerinden sisteme verilir.

Senkro kontrol transformatörünün ödevi ileticiden gelen üç çıkış gerilimini, iki senkronun millerinin açısız farkının sinüsü ile orantılı olan tek bir gerilime dönüştürmektir. Küçük açısız farklarda gerilim, açısız farkla orantılıdır. Bu giriş ile çıkış büyüklüklerinin farkından oluşan gerilim ya da hata gerilimi sistemi harekete geçirici işarettir. Genellikle büyüdülen bu işaret, kontrol edilen mile bağlı yükü tahrik eden moment ve hıza dişlilerle indirilir.

Senkroların anma hızları 1500 d/d ve ömürleri 100 milyon dönüş olup, potansiyometrelerden daha fazladır. Senkroların çeşitli uygulama yerleri ve tipleri vardır.

2. SENKROLARIN ÇALIŞMA KURAMI

Rotor çıkık kutuplu, gülle biçimli ve magnetik yapıda olup, ileticinin primer sargılarını kapsar. Gerilim bu sargılara, stator gövdesi üzerine yerleştirilmiş fırçalar ve kollektör lamelleriyle uygulanır.

Stator sarımları çevre boyunca birbirlerinden 120° aralıklara dağılmışlardır. Sargıların herhangi birinde yalnız tek fazlı gerilim oluşur ve sarımların her birinin akısı rotorun açısız konumuna bağlıdır.

Şekil 2.

Şekil 2'de maksimum gerilim, 83 ile nötr arasında oluşur. Rotorun konumu senkronun elektriksel sıfırı olarak alınır. Senkronun mili döndüğünde 82 ve nötrden elde edilen gerilim azalır ve rotor şekil 2'dekinden 90° farklı olduğunda sıfır olur. Benzer şekilde, S_j ile nötr ve 83 ile nötr arasındaki gerilim büyüklükleri rotorun elektriksel sıfırdan olan açısız yer değiştirmesinin sinüsü ile değişir.

-90

Milin dönme açısı

Şekil 3.

Senkro ileticisinde ölçülebilen gerilimler S₁, 82 ve 83 uçlarında oluşur, elektriksel sıfır konumunda V_{s2~S3} gerilimi sıfırdır. Mil saat ibreleri yönünde 90° dönerse V_{S3~S1} maksimum olur. Uçların herbirinde oluşan gerilimler, şekil 3'de milin saat ibreleri yönündeki dönüş açısının fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Gerilimler rotora uygulanan gerilimin polaritesine karşı ise, negatifmiş gibi gösterilir. Rotor mi-

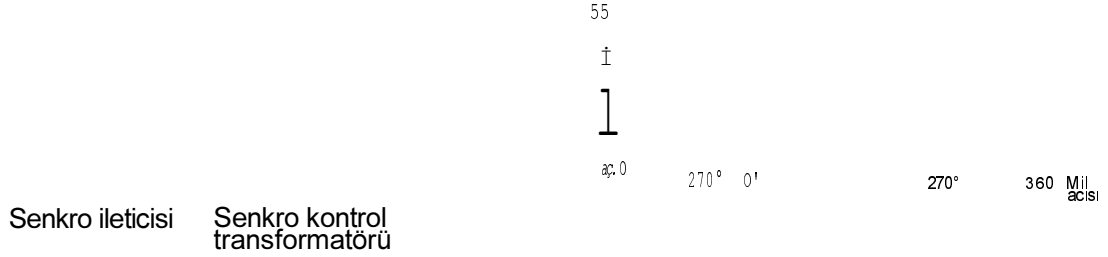
linin her açısasal konumu için, ileticinin uçlarında ayrı bir gerilim bulunur. Bu gerilimler iyi bir şekilde ölçülür ve polarite de bilinirse ileticinin açısasal konumu bilinir. Küçük açılarda ise, sinüs, doğrudan açısına eşit olduğundan, senkro ileticisi büyük akım kapasitesi ve çok iyi çözüm isteyen, küçük açılar için hiç bir sınırlanmamış hesap makineleri uygulamaları ve mil açısı ile orantılı gerilim elde etmek için kullanılır.

Rotorun yuvarlak olması ise, giriş empedansının milin açısasal dönmesiyle değişmesini minimum yapar. Senkro kontrol transformatörünün ise, senkro ileticisine göre daha yüksek empedansı olan sargıları vardır ve birçok senkro kontrol transformatörü aynı senkro ileticisine elektriksel olarak birleştirilebilir. Kontrol transformatörlerinin sayısı büyük ise hiç gerilim gradyanı olmaz.

turduğu aynı akı yolunu kontrol transformatöründe oluşturur.

Kontrol transformatörünün rotoru senkro ileticisinin akısının yönünü gösteren bir deney bobinine benzetilebilir. Şekil 4'de gösterilen konumda, senkro ileticisinde oluşan akı diktir. S^{\wedge} , 82, 83 gerilimlerinin senkro kontrol transformatöründe oluşturdukları da diktir. Bu da R_1 ve R_2 arasında oluşan rotor geriliminin maksimum olduğunu gösterir. Senkro ileticisinin mili sabit tutulursa ve kontrol transformatörünün rotoru gösterilenden 90° farklı bir konuma döndürülürse, R_1 ve R_2 arasında oluşan gerilimin sıfır olması gerekir.

Senkro kontrol transformatörünün çıkış gerilimi sinüsoidal fonksiyon karakterindedir. ileticinin açısasal konumu sabit tutulursa, kontrol transformatörünün çıkış gerilimiyle milin açısasal konumu arasındaki bağıntı şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.

iki makine aynı magnetik yapıda ve akı ile gerilim aynı özellikte ise, kontrol transformatörünün S_{1t} , S_2 , S_3 uçlarına uygulanan gerilimler magnetik ortamda, senkro ileticisinin rotoruna uygulanan gerilimin uyarımıyla oluşan akı dağılımının hemen hemen aynıasını oluşturur.

ileticinin R_1R_2 uçlarına uygulanan gerilim S sargılarının arasında bazı gerilim yüküklükleri ve akı oluşturuyorsa, kayıpları yok varsayarsak, S sargılarına uygulanan gerilimler ileticide aynı akıyı oluşturur ve hatta R_1R_2 arasında başlangıç gerilimini endükler. Benzer olarak, ileticinin statorunun uçlarında oluşan gerilimler, kontrol transformatörünün statoruna uygulandığında, ileticide gerilimlerin oluş-

Şekil 5. Kontrol Transformatörünün gerilimi - mil konumu

Bu eğri kontrol transformatörünün rotor geriliminin büyüklüğünü vermektedir. Gerilimin polaritesi ister pozitif, ister negatif olsun, diyagramda, aynı başlama anı için eklenen gerilimle zaman arasında çizilmiş olarak gösterilmiştir.

Negatif gerilim, pozitif gerilimle 180° farklıdır. Senkro ileticisi herhangi bir açı kadar oynarsa, rotor sargılarında, sıfır çıkış gerilimini oluşturan kontrol transformatörünün milinin 2 konumu olacak-

tır. M n dönüşü 180° far d n bu onum ayırd d m d r. u durum potans - yom tr r ç ft y d yapı ır. r sıfır onumu a a ım, ontro transformatörünün rotoru saat br r yönünd üçü b r açi adar döndüğünd , rotor g r m n n b po ar t s vardır. T rs yönd dön rs po ar t s t rs o ur. S n ro ontro transformatörünün d ğ r sıfır onumunu a di ğ i - mızda, rotorun h rhang b r yönd dönüşü sıfır onumunda d tt r m z - d n t rs po ar t r d d r z.

t sıfır onumuna ya in üçü açi d ğ r - r ç n, ontro transformatörünün ç i iş g r m , ontro transformatörünün v - t c n n rotor onum arı arasında açi - sa far orantı ıdır.

Kontro d n m , m n açi arının far ı ya da top amı o an m onumuna g - t r m st n rs , far t c s n ro (SDT) u anı ır. Ş 6'da göst r d ğ

g b bu s n roda rotoru üz r nd , b rb - r nd n 120° far ıymış g b ça ısan sargı - ar vardır. Rotor uç arı arasında, rotor açısı onumunun ö çüsü o an g r m r o - uşur. Far t c n n rotor sargı arı, - t c n u stator sargı arında o du ğ u g b 120° far ıdır v t c n n S_{1t} , S_2 , S_3 'd o uşab n üç ç i iş g r m , far t - c n n R'j, R2, P-3 uç arında o uşur.

Stator uç arı, s n ro t c n n ç i iş uç - arına ba ğ andığında, rotor arın da sta - tor arın da magn t s n r aynı s , s n ronun statorundan aynı r" a anını d d r z. G r m ya da 2. s n roya uygu anab r. D ff rans y ya da far - t c s n ronun rotor onumunu döndür - düğümüz d ş 7'd duruma g ns n. Saat br r yönünd a adar döndürdüğü - müzd durum 1. s n ro ya da s n ro t c - s n n rotorunun a açısı adar saat br - r n n t rs yönd döndürü m s n ş d ğ rd r.

s.f (s a)

fvrk v/*uej ifnJem

Şekil 6.

Şekil 7.

Görülüyor ki sisteme her iki noktadan kumanda edilebiliyor, o halde her iki kumanda cebirsel olarak toplanır ya da çıkarılır.

Kontrollü farkı iletici senkro (SDCT) benzer bir aygıttır ve daha çok otomatik kontrol sistemlerinde kullanılır.

Fark ileticinin, iki açının toplanmak istendiği top atışı kontrolunda ya da hesap makinelerinde çeşitli açıların birbirleriyle toplanacağı ya da birbirinden çıkarılacağı zamanlarda kullanılması gibi uygulama yerleri vardır.

Senkrolarda J ile R_2 ve S_1 ile S_2 uçlarını değiştirerek, mil dönüş yönü değiştirilebilir ya da sistem çeşitli 120° 'lik konumlarda sıfıra götürülebilir. Fark ileticide, toplamlardan çok iki açının farkına gidilir.

3. GÖSTERİCİ SENKROLAR

Bu senkrolara, differansiyel senkro motor da denir. Şimdiye kadar anlatılan senkro uygulamalarında senkrolar kendi kendilerine millerin durumunu belirtmezler, daha çok sistemin kontrol edilen miline kumanda ederek durumları belirtirler.

Uzaktan konumu belirtme ve işaretleme için kullanılan senkrolar da vardır. Tipik bir örnek, senkro ileticisiyle senkro alıcısından olan sistemdir. Senkro alıcısı,

senkro ileticisine benzer, fakat miline mekanik söndürücü eklenmiştir. Söndürücü mekanik koruyucu içinde olduğundan, görüş aynıdır. Senkro alıcısının rotoruna sabit bir gerilim uygulanır ve stator uçları senkro ileticisine bağlanır. Senkro ileticisinin mili sabit tutulursa, senkro alıcısının mili ileticiyle aynı açığa gelinceye kadar hızlı olarak döner, ileticinin mili döndürülürse, alıcı bu durumu izler.

Böyle senkrolar çifti, uzaktan milin konumu izlenmek istendiği durumlarda kullanılır. Alıcıların herhangi bir yüke karşı gelebilecek az bir momentleri vardır ve yalnızca numaralı bir disk üzerinde milin konumunu göstermede kullanılır.

Sakıncaları :

1. Hataları fazladır.
2. Dinamik cevabı zayıftır, ileticinin mili herhangi bir kritik frekansta sinüsoidal salınım yaparsa, alıcının mili bunu büyütür. Bu tip sistemde çok salınım olur.
3. Alıcı kısmındaki dinamik hatalar veya yükün yapışkan yataklarda oluşturduğu statik hatalar, bunu besleyen stator uçlarındaki gerilimleri değiştirir. Bu durumda aynı uçlara başka alıcı¹ bağlanırsa, 1. alıcının hatasından oluşan stator gerilimleri ve dolayısıyla rotorunun konumu hatalı olur.

Hataları gidermek için faz ileticisi gibi elemanlar sisteme sokulabilir.

4. SENKROLARLA İLGİLİ ÖRNEKLER

Senkrolar yardımıyla, giriş sinyalinin çıkış sinyali ile farkının sisteme verilmesini ve böylece motorun hızının kontrolünü inceleyelim.

örnek 1.

Şekil 8 'deki sistemi gözönüne alalım. Burada :

T_t : Takometre sabiti (V/rad/sn)
 K_f & 2 : Amplifikatör kazançları Senkro
 K_1 : duyarlılığı (V/rad) Yükle akışkanlık
 K_0 katsayısı (kg.m/rad/sn) Yükle atalet
 F momenti (kg. m/sn²) Motor devresi direnci
 J (ohm) Motorun moment sabiti (kg. m/A)
 R Motorun zıt emk katsayısı (V/rad/sn)
 K_t Yükle motor arasındaki dişli oranı Yükle
 K_m senkro arasındaki dişli oranı

Yükle takometre arasındaki dişli oranı olsun.

Herhangi bir nedenle motor yavaşlayınca θ_1 ile θ_0 arasındaki fark artacak, e_0 ve sırasıyla e_{1t} e_i ve θ_m büyüyecek, dolayısıyla $\theta_1 - \theta_0$ farkı azalacaktır. Burada takometre ara geribesleme durumundadır. θ_0 azalması ile e_t azalacak, $e_2 = e_1 - e_t$ farkı daha da büyüyecek ve motor daha hızlı dönecek, gereken kontrol hızlı bir şekilde sağlanacaktır.

Sistemdeki bağıntıları yazalım (Şekil 9)

Şekil 9. Sistemin blok diyagramı

Senkrolar,

$$e_s = N_1 e_m$$

$$e_m = e_0 / N_2$$

$$(0_i - 0_s) K_s = e_0 = \{ \theta_1 - \theta_0 (N_1/N_2) \} K_s$$

1. amplifikatörde,

$$e_1 = K_2 e_0 = K_2 K_s \{ \theta_1 - \theta_0 (N_1/N_2) \}$$

fark gerilim, B! - $e_t = e_2$

Takometrede,

$$e_t = T_t \frac{d\theta_n}{dt} \\ = e_1 - T_t \frac{d\theta_k}{dt}$$

$$e_2 = K_2 K_s \{ \theta_1 - (N_1/N_2) \theta_0 \} - T_t$$

2. amplifikatörde,

$$= K_1 e_2 = (\theta_1 - \theta_0)$$

motor,

$$T_0 = J \frac{d^2 \theta}{dt^2} + F \dot{\theta}$$

e₀ =

$$e_0 = K_m \dot{\theta}$$

$$T_m = T_0 N_2$$

$$\hat{K}_t = T_0 N_2$$

-i. [K_s, K₁, K₂, K₃, K_t, K_m, J, F, T_t, N₂, N₃] ile, -fi.

Çıkış ile giriş veya θ₀ (t) ile θ_j (t) arasındaki bağıntı,

$$j \frac{d^2 \theta_0}{dt^2} + \left(\frac{K_1 K_t}{K_1 T_t N_2 N_3} + \frac{K_2 K_s}{J R_a N_2^2} + \frac{K_3}{F} \right) \theta_0 = \frac{N_1 K_1 K_2 K_3 K_t}{N_2 R_t} \theta_j$$

dir.

$$e^s \left[1 + \frac{K_1 K_t}{K_1 T_t N_2 N_3} s + \frac{K_2 K_s}{J R_a N_2^2} s^2 + \frac{(F R_a N_2^2 + K) s}{J R_a N_2^2} \right] \theta_0 = \frac{K_1 K_t}{K_1 T_t N_2 N_3} \theta_j$$

sabit sayı farkıyla açık çevrime ait bağıntı,

α

$$\alpha(s) = \frac{K_2 K_s - K_1 K_t}{J R_a N_2^2 s^2 + (F R_a N_2^2 + K) s + K_1 K_t T_t N_2 N_3}$$

çevrime ait çıkış ile giriş büyüklükleri arasındaki bağıntı,

$$\theta_j(s) = \frac{K_2 K_s - K_1 K_t}{1 + \frac{K_2 K_s N_1}{K_1 K_t} \left[\frac{K_1 K_t}{J R_a N_2^2} s^2 + \frac{(F R_a N_2^2 + K) s}{J R_a N_2^2} + \frac{K_1 K_t T_t N_2 N_3}{K_1 K_t T_t N_2 N_3} \right]}$$

$$\frac{\theta_0}{\theta_j} = \frac{K_1 K_t}{J R_a N_2^2 s^2 + (F R_a N_2^2 + K) s + K_1 K_t T_t N_2 N_3}$$

$$s^2 e_0(s) = \frac{(FR_a N_2^2 + K_t K_m + K_j K_t T_t N_z N_a J_s S_o)}{-K_1 K_2 K_s K_t N_2} e_i(s)$$

60 (s)

$$J s^2 \theta_o(s) + [F + \{K_f / (R_a N_2)\} (\quad + K_1 T_t N_3)] s \theta_o(s)$$

$$+ \{(N_1 K_1 K_2 K_t K_s) / (R_a N_2^2)\} e_0(s) = \{ (K_j K_2 K_s K_t) / (N_2 R_a) \} e_f(s)$$

şeklinde bulunur.

Örnek 3.

Senkroları ve iki fazlı bir motoru kapsayan hesap makinesi tipinden bir kontrol sistemi şekil 11'de verilmiştir.

Sistem sabitleri, K_f : Faz çevirici kazancı (V/V) K_2 : Güç amplifikatörü kazancı (V/V) J : Yükün atalet momenti (kg.m) f : Yükün akışkanlığı (newton.m/V) $(J+f)$ motor '•' Yok varsayılabılır

K_e : Motorun moment-gerilim sabiti (newton.m/V)

K_ω : Motorun moment-hız sabiti (newton.m/rad/sn)

K_θ : Senkro duyarlılığı (V/rad)

n : Dişli çevirme oranı

olduğuna göre ;

Giriş 6f basamak şeklinde istediğimiz bir değerde yer değiştirdiğinde çıkış θ_o in nasıl değiştiği incelenebilir ve istediğimiz bazı büyüklükleri elde etmek için sisteme yeni elemanlar katılabilir.

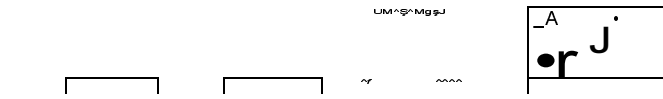
SKT

Şekil 10.

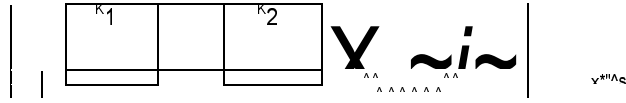
örnek 2.

Bir takım tezgâhının kesici kafasının kontrolü için şekil 10'daki sistem kurulmuştur. Uzakta bulunan senkro vericisiyle (ileticisi) kumanda verilmektedir. Motorun konumu θ_0 ise senkro kontrol transformatörüne verilmekte, kontrol transformatörü de giriş ile sonucun farkını hata işareti olarak sisteme vermektedir.

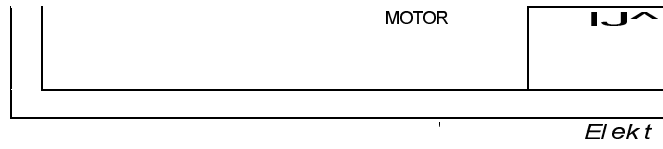
Amplifikatörün yanına faz iletici bir şebeke eklenince daha iyi bir sistem elde edilir.



SENKROLAR



Elektrik Mühendisliği 209



Şekil 11.
298