

BİR DA MOTORUNUN UZAKTAN KUMANDALI HIZ KONTROLÜ

Selim İNAN*

Özet

Bu çalışma, yanına yaklaşılmaması güç ve sakıncalı ortamlarda (yüksek sıcaklık, hava kirliliği, toz vb.) hız kontrolü yapılacak sistemlerde, kolaylık sağlamak amacıyla yapılmıştır. Burada, yabancı uyartımlı DA motorunun hız kontrol sistemi uzaktan kumandalı kapalı döngülü ve iki yönlü olarak tasarlanmış ve yapılmıştır.

İki yönde hız kontrolü yapılabilmesi için, güç katında tristör köprüleri birbirine göre ters yönde akım geçirecek şekilde düzenlenmiştir. Sistemin kapalı döngülü olarak, otomatik hız ayarı yapabilmeleri için takogeneratörden yararlanılmıştır.

Sistemin, uzaktan kumanda kısmında verici ve alıcı kullanılmıştır. Vericiden gönderilen sinyaller kodlu olarak ve infrared frekans bölgesinde gönderildiğinden, sistemin güvenilirliği artırılmış ve dış etkilerden arındırılmıştır. Vericiden tuşlara basılarak, faz kontrol sistemiyle tristör tetikleme açıları değiştirilmektedir. Böylece motorun endüvi uçlarına uygulanan gerilim değeri ayarlanarak motor hızı kontrol edilebilmektedir.

Verici ile alıcının birbirini görmesi gerekmeyen kontrol sistemlerinde, kontrol sırasında istenmediği halde verici etki alanına giren diğer alıcıları etkileyebilir. Uygulaması yapılan hız kontrol sisteminde verici ile alıcı birbirini görmesi gerekmektedir. Bu özelliğinden dolayı, uygulanan hız kontrol sisteminde istenirse bir verici ile birden çok DA motorunun hız kontrolü yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: DA motor hız kontrol, uzaktan kontrol, iki yönlü kontrol

REMOTE CONTROL OF THE SPEED OF A DC MACHINE**Abstract**

This study has been made for provide to facilitate in speed control system and environs which getting close them is difficult and inconvenient because of the high temperature, air pollution, dust, etc. Here, external stimulated DC motor speed system designed and realized as two direction and remotely controlled closed loop.

In order to accomplish the two directions of speed control, back-to-back combination of thyristors have been used to transmit necessary motor current. It has used tachogenerator for provide closed loop and automatically speed adjustment of the system.

A transmitter and a receiver were used in the remote control section of the system. The system's reliability has been empowered and avoided from external effects because of the signals sent from the transmitter in codes and infrared frequency region. Thyristor triggering angles are varied with the phase control system by pressing the control keys on the transmitter. Thus, the motor speed can be controlled by adjusting the voltage level applied to the armature terminals of the motor.

In the control system which not required transmitter and receiver has to be see each other, transmitter may effect to the other receiver's which in the it's effect field during control even though it is undesired. Transmitter and receiver should see each other in the applied speed control system. That's why, if desired one or more DC motor speed control can be made by the one transmitter in the applied speed control system

Key Words: DC motor speed control, remote control, two directional control

1.GİRİŞ

Endüstride çeşitli iş makineleri doğru ve alternatif akım motorları tarafından tahrik edilmektedir. İş makinelerinin karakterine, kullanım amaçlarına bağlı olarak elektrik motoru hızının kontrolü gerekebilir. Ayrıca üretim sistemlerinde, işlenen malzemenin ölçüsü, özelliği, cinsi, üretim miktarı, kalitesi, kesici ve delici takımlarının niteliği, süre, enerji tasarrufu vb. faktörler nedeni ile hız kontrolü gereklidir. Bir yönde yapılan hız kontrolü her zaman ihtiyacı karşılamayabilir. Bu durumda hız kontrol sistemi iki yönlü olarak hız kontrolü yapabilecek şekilde olmalıdır. Bir çok uygulamada değişen yük durumlarında belli bir doğrulukta devri sabit tutulabilen sistemlere ihtiyaç vardır. Yapısal problemlerden kaynaklanan ve daha fazla bakım gerektirmesine rağmen motor hızının geniş sınırlar içinde kontrolü istenen bir çok uygulamada DA (Doğru Akım) motorları kullanılmaktadır. Bunun sebebi bu motorların çok çeşitli kontrol karakteristiğine sahip olmalarıdır. (Hindmarch, 1997:315-325). Motor hız kontrol sistemlerinde, motor hızı düşük devir ile yüksek devir arasında kontrol edilebilir olmasında önemli yararlar vardır.

Hız kontrol sistemlerinin güvenilir, hız duyarlılığının iyi olması ve hızlı tepki göstermesi çok önemlidir. Motor hızının değiştirilmesi ihtiyacını gidermek amacıyla günümüze kadar gelişerek devam eden çeşitli hız kontrol yöntemleri uygulanmıştır. Yariletken üretim teknolojisindeki gelişmelerden sonra motorların hız kontrolünde kullanılan Ward-Leonard sistemi, gazlı tüplerle yapılan kontrol vb. klasik yöntemler terk edilerek yariletkenlerle yapılan hız kontrolü önem kazanmış ve geniş uygulama alanı bulmuştur. Doğru akım motorlarının hızının değiştirilmesi ihtiyacını karşılamak üzere günümüzde yariletken elemanların kullanıldığı sürücüler tercih edilmektedir. (Springgob, 1992: 2-7).

Kontrol sistemleri açık döngü ve kapalı döngü olarak gruplandırılabilir. Açık döngü kontrol sistemi çıkıştan bağımsız olarak çalışır. Kapalı döngü sisteminde kontrol işlemi çıkışa bağımlı olarak gerçekleştirilir. Motor devir sayısının kararlı ve değişen yük durumlarında sabit hızla çalışabilmesi için hız kontrol sistemi kapalı döngülü yapılarak otomatik olarak hız ayarlamaları sağlanır.

Günlük hayatın pek çok alanında sistemin gereği olarak hayatı kolaylaştıran uzaktan kontrol sistemleri kullanılmaktadır. Uzaktan kontrol sistemleri, istenilen amaca yönelik olarak, kullanım kolaylığı, zaman ve ekonomik tasarruf, yanına yaklaşılmasında tehlike ve zorluk olan yerlerde kolaylık sağlamak vb. gibi önemli işlevler görür. Endüstride, haberleşme, ulaşım ve askeri alanlarda uzaktan kontrol sistemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Nükleer uzay vb. teknolojilerinde uzaktan kontrol zorunluluğu da bilinmektedir. Alper, (1999) yaptığı çalışmada, otomatik uçuş kontrol sistemi tasarlamıştır. Bu tasarım, değişik uçuş şartlarını destekleyen bir yapıda olup mikroişlemci tabanlı bir ortam için gerçekleştirilmiştir. Özgü, (1994) yaptığı tasarımında anahtar ve potansiyometrelerle gerçekleştirilen kontrollerin, uzaktan kumanda ile yapılmasını hedeflemiştir. Bu amaçla verici ve alıcı kullanarak renkli televizyonlardaki sınırlı sayıda izlenebilen kanal sayısını artırma çalışması yapmıştır. Burunkaya, (1997) uygulamasında uzaktan kumandalı anten yönlendiricisi yapmıştır. Kullandığı modülasyon şekli PCM (Darbe Kod Modülasyonu) dir. Tasarımında, uç gerilimi 14 V olan redüktörlü silecek motoru kullanmıştır. Kaplan, (1996) yaptığı uzaktan DA motoru hız kontrol sisteminde, motor devir yönünün kontrolü, motor besleme geriliminin polaritesi ters çevrilerek gerçekleştirilmiştir. Bu işlevi yerine getirmek amacıyla devrede çift kontaklı bir röle kullanılmıştır. Kaplan'ın bu çalışmada sistemin daha güvenli olması ve çevreden gelebilecek sinyal ve gürültülerden etkilenmesini önlemek amacıyla vericiden gönderilen sinyaller kodlanarak gönderilmiştir. Yapılan bu çalışmada ise motor devir yönü kontrolü röle

vb. devre elemanı kullanılmadan daha uzun ömürlü kontrollü doğrultucular vasıtası ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada vericiden gönderilen sinyaller kodlandıktan sonra infrared frekans bölgesindeki sinyallerle gönderilmiştir. Böylece dış etki ve sistemlerden etkilenmemesi önemi artırılmıştır. Uzaktan kontrol sistemlerinde kullanılan verici ve alıcılar birbirini gören veya görmeyen şekilde olabilir. Birbirini görmeyen verici ve alıcı kullanılarak yapılan kontrol sistemleri başka bir sistemi etkileyebilir veya başka bir sistemden etkilenebilir. Uygulaması yapılan hız kontrol sisteminde verici ile alıcının birbirini görmesi gerekmektedir. Bu özelliğinden dolayı, uygulanan hız kontrol sisteminde arzu edilirse bir verici ile birden çok DA motorunun hız kontrolü yapılabilir.

Chakravarti, (1990) DA Motor hız kontrolü çalışmasında kapalı döngü kontrol sistemi ve yabancı uyartımlı DA motoru kullanmıştır. Motor hız kontrolünde motorun uçlarına uygulanacak çeşitli gerilim için kullandığı kaynak yarı kontrollü doğrultucudur. Stephan, Hahn, Unbehan, (1988) DA motor hız kontrol sisteminde bilgisayardan yararlanmışlardır. Uygulamada bilgisayar her ortamda kullanılamayacağından hareketle yapılan bu çalışmada bilgisayar ve bilgisayar kullanma becerisine ihtiyaç duyulmadan, uzaktan arada bir kablo bağlantısı olmadan DA motor hız kontrolü yapılabilmektedir. Böylece kullanım kolaylığı sağlanmıştır. Bosse, Thiel, (1990) ; Vang ve diğerleri (1991) yaptıkları uygulamalarda DA motor hız kontrolü için mikroişlemci kullanmışlardır. Bu çalışmada gerçekleştirilen hız kontrol sisteminde ise uzaktan kontrol amacıyla alıcı ve verici kullanılmıştır. Alıcı iç yapısında mikroişlemciden yararlanılmış olması ile benzerlik göstermesine karşılık bu çalışma uzaktan hız kontrolü yapabilme özelliğiyle diğerlerinden farklıdır.

Bu çalışmada endüstri uygulamalarında sık sık kullanılan yabancı uyartımlı DA motorun uzaktan, kapalı döngülü olarak her iki yönde istenilen hızda yüksek doğrulukta döndürülmesi amaç edinilmiştir. Yapılan bu tasarım sürecinde dünyada kullanılmakta olan ve kabul görmüş tekniklerden faydalanılmıştır. Yarıiletken elemanların sağlam, boyutlarının küçük, verimlerinin yüksek olması gibi neçenlerle kullanım alanları yaygınlaşmıştır. Bu noktadan hareketle yapılan bu çalışmada doğru akım motorunun hız kontrolü gelişmiş yarıiletken elemanlardan faydalanılarak yapılmıştır. Tristörlerin tetikleme açıları değiştirilerek doğrultucu çıkışında seviyesi ayarlanabilir doğru gerilim elde edilmektedir. Bu gerilim yabancı uyartımlı DA motorunun endüvi uçlarına uygulanarak hız kontrolü sağlanmıştır. Endüvi ve uyartım sargılarının ayrı ayrı kaynaklardan beslenmesinin hız kontrolünde avantaj sağlayacağı da dikkate alınarak yabancı uyartımlı DA motoru kullanılmıştır. Yapılan hız

kontrol sisteminde endüvi uç gerilimi değiştirilerek hız kontrolü yapıldığından motor hızının kontrolü geniş sınırlar arasında iki yönlü olarak yapılabilmektedir. Bu özellikleri ile yapılan DA motoru hız kontrol sistemi endüstriyel amaçlı olarak kullanılabilir.

2. DA MOTOR HIZININ UZAKTAN KAPALI DÖNGÜ İKİ YÖNLÜ KONTROLÜNÜN TASARIMI

Tasarım ve uygulaması yapılan hız kontrol sisteminin blok şeması, Şekil 2.1'de verilmiştir. PCM bilginin (mesajın) kodlanmış bir grup sayısal darbeler tarafından temsil edildiği bir sayısal modülasyon türüdür. (Ferrel, 1990:402-413). Vericide tuşlara basıldığında PCM olarak vericiden gönderilen kontrol sinyalleri alıcıya ulaştığında ilk yapılan işlem sinyalin yükseltilmesi ve alıcının lokal osilatöründe üretilen sinyalle karşılaştırılarak fark frekansının elde edilmesidir. Elde edilen fark frekanslı sinyaller alıcıda yükseltilerek demodülasyona tabi tutulur ve kod çözücüye (decoder) uygulanır. Alıcıdaki kod çözücüler bu kodları çözerek istenilen kontrol mantığını çalıştırmaktadır. Çıkışından D/A çeviriciye uygulanan bu sinyal, analog gerilim değerine çevrilir. Bu analog değer vericideki basılan tuşa göre azalır veya çoğalır. Bu da hızı kontrol edilen motorun hızını azaltmak, çoğaltmak veya durdurmak anlamına gelir.

Bu alınan analog gerilim, tetikleme kontrol geriliminin elde edilmesinde yararlanılan ve değeri 0V ile 10V arasında ayarlanabilen referans gerilimidir. Referans gerilimi, tetikleme kontrol geriliminin oluşması için motor hız kontrol sistemine uygulanır. Böylece motor hız kontrol sisteminde tetikleme kontrol geriliminin oluşması sağlanır (Şekil2.1.). Vericide basılan tuşa göre tetikleme kontrol gerilimi pozitif veya negatif değerdedir. Bu ise motorun iki yönlü olarak hız kontrolünü sağlar. Üçüncü bir tuşa basılınca ise tetikleme kontrol gerilimi 0V'tur. Bu ise motorun durdurulması demektir.

Motor devir sayısının değişik yüklerden etkilenmemesi için geri beslemeli kontrol ünitesi kullanılmıştır. Ayrıca takogeneratörden alınan geri besleme geriliminden faydalanılarak göstergeli devirsayıcı ön panelinde devir sayısı görülebilmekte ve devir yönü sezilebilmektedir.

Motor kontrol ünitesinde ramp fonksiyon devresinde şebeke ile senkronize olarak elde edilen ramp (testere dişi) dalgalar tetikleme kontrol gerilimi ile karşılaştırıcıda karşılaştırılmakta ve şebeke ile senkronize tetikleme darbeleri oluşmaktadır. Tetikleme

darbeleri ile osilatörden gelen yüksek frekanslı kare dalga sinyaller VE mantık kapısından geçirilerek darbe dizileri elde edilir.

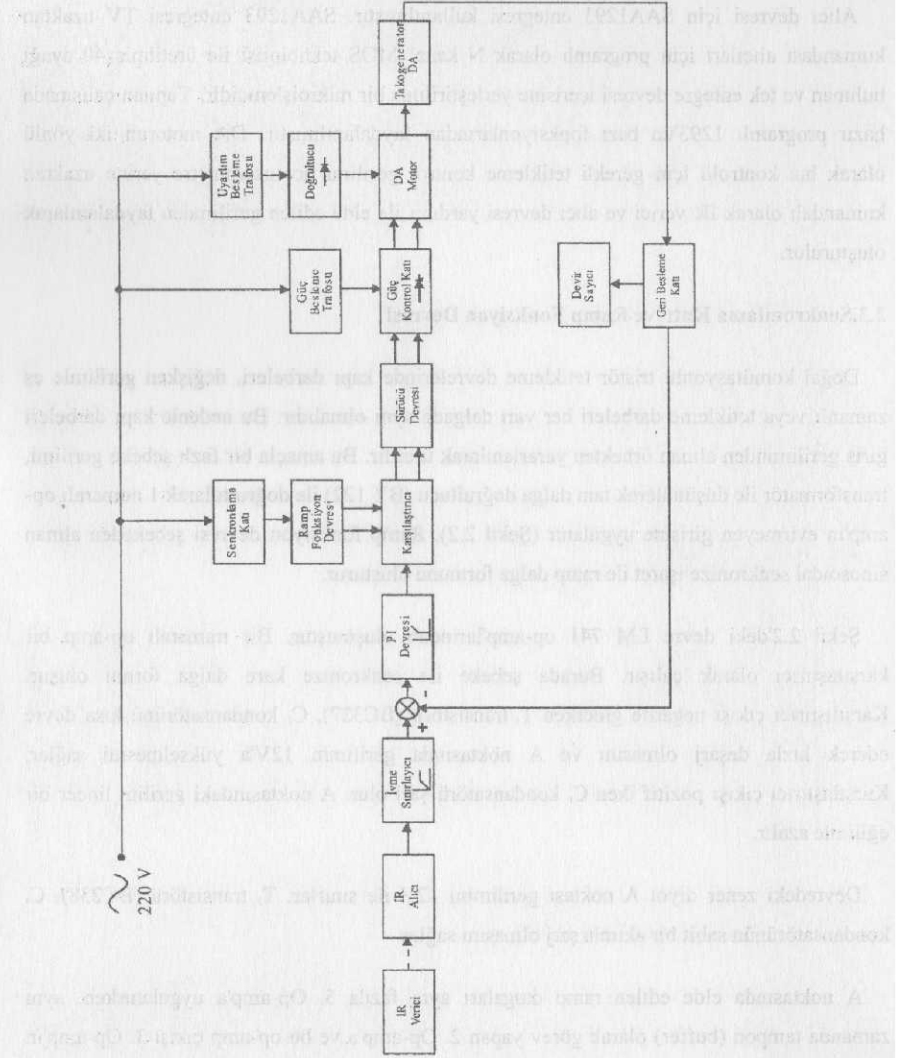
Darbe dizileri tristörleri tetikleme için sürücü devresine uygulanır. Böylece uzaktan kumanda ile seviyesi kontrol edilen referans gerilimi değiştirilerek, tetikleme kontrol gerilimi ve buna bağlı olarak tristörlerin tetikleme açıları değiştirilir. Tristörlerin tetikleme açılarının değiştirilmesi ile DA motoruna uygulanan endüvi uç geriliminin ortalama değeri ayarlanır. Böylece yabancı uyarımlı DA motorunun hızı kontrol edilir.

2.1 Verici Devresi

Tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilen sistemin verici ünitesi, kodlayıcı ve osilatör devrelerinden oluşmaktadır.

İletişim için kullanılan taşıyıcı frekansı infrared (IR) bölgesindedir. İnfrared frekans engellerden geçemediğinden, verici tarafından gönderilen kumanda darbeleri, bulunan mekan dışındaki veya yönlendirilmediği başka alıcıları etkilemez. Bu da yapılan çalışmadaki amaç için oldukça uygundur. Ayrıca aynı verici ile birden fazla da, motor hız kontrolü yapılabilir olması bir avantajdır.

Modülasyon şekli PCM'dır. Bu şekilde çoğullama yapmak ve komut sayısını arttırmak mümkündür (I.T.T., 1985:1). Aynı zamanda PCM metodu kullanılarak sistemin güvenilirliği arttırılmış, sistem çevre etkilerinden arındırılmıştır. İnfrared ışık, kaynağından ileriye bir doğru boyunca ve ışık hızı ile hareket eder. Optik olarak merceklerle veya aynalarla odaklanabilir, yönlendirilebilir veya prizmalarla dağıtılabılır. Yapılan çalışmadaki verici devresinin temel elemanı SAA1250 entegresidir.



Şekil 2.1. DA motor hızının uzaktan kapalı döngü iki yönlü kontrolünün blok şeması,

2.2. Alıcı Devresi

Alıcı devresi için SAA1293 entegresi kullanılmıştır. SAA1293 entegresi TV uzaktan kumandası alıcıları için programlı olarak N kanal MOS teknolojisi ile üretilmiş 40 ayağı bulunan ve tek entegre devresi içerisine yerleştirilmiş bir mikroişlemcidir. Yapılan çalışmada hazır programlı 1293'ün bazı fonksiyonlarından faydalanılmıştır. DA motorun iki yönlü olarak hız kontrolü için gerekli tetikleme kontrol gerilimi potansiyometre yerine uzaktan kumandalı olarak IR verici ve alıcı devresi yardımı ile elde edilen gerilimden faydalanılarak oluşturulur.

2.3. Senkronlama Katı ve Ramp Fonksiyon Devresi

Doğal komütasyonlu tristör tetikleme devrelerinde kapı darbeleri, değişken gerilimle eş zamanlı veya tetikleme darbeleri her yarı dalgada aynı olmalıdır. Bu nedenle kapı darbeleri giriş geriliminden alınan örnekten yararlanılarak üretilir. Bu amaçla bir fazlı şebeke gerilimi, transformatör ile düşünülmek üzere tam dalga doğrultucu (BY 122) ile doğrultularak 1 numaralı op-amp'ın evirmeyen girişine uygulanır (Şekil 2.2). Ramp fonksiyon devresi şebekeden alınan sinosoidal senkronize işaret ile ramp dalga formunu oluşturur.

Şekil 2.2'deki devre LM 741 op-amp'larından oluşmuştur. Bir numaralı op-amp bir karşılaştırıcı olarak çalışır. Burada şebeke ile senkronize kare dalga formu oluşur. Karşılaştırıcı çıkışı negatife giderken T, transistörü (BC327), C, kondansatörünü kısa devre ederek hızla deşarj olmasını ve A noktasında gerilimin 12V'a yükselmesini sağlar. Karşılaştırıcı çıkışı pozitif iken C, kondansatörü şarj olur. A noktasındaki gerilim lineer bir eğilimle azalır.

Devredeki zener diyot A noktası gerilimini 12V ile sınırlar. T, transistörü (BC238), C, kondansatörünün sabit bir akımla şarj olmasını sağlar.

A noktasında elde edilen ramp dalgaları aynı fazda 5. Op-amp'a uygulanırken, aynı zamanda tampon (buffer) olarak görev yapan 2. Op-amp'a ve bu op-amp çıkışı 3. Op-amp'ın eviren girişine uygulanır. Evirici 3. Op-amp çıkışı 4. Op-amp'a uygulanır. Böylece A noktasında elde edilen ramp dalgaları 5. Op'a ve evrilmiş olarak da, tetikleme kontrol gerilimi ile karşılaştırmak üzere 4. Op-amp'a uygulanmış olur.

Hızı kontrol edilen DA motorunun herhangi bir yönde dönerken diğer dönüş yönüne

orjin çizgisinden uzaklaştırılmış veya araları açılmıştır. Karşılaştırıcıya uygulanan tetikleme kontrol gerilimi orijin çizgisinin üzerinde pozitif değerde arttırılarak ramp dalgalarını keser, böylece oluşan tetikleme darbeleri motorun bir yönde dönmesini sağlar. Tetikleme kontrol gerilimi negatif değerde yükseltilirse evrilmiş ramp dalgalarını keser. Bu durumda oluşan tetikleme darbeleri ise motorun diğer yönde dönmesini sağlar. Tetikleme gerilim seviyesinin aşağıya, yukarıya kaydırılması ile motora uygulanan gerilim azaltılıp çoğaltılarak motor hızının ayarı yapılır.

2.4. İvme Sınırlayıcı Devre

Şekil 2.2'deki 7 ve 8 nolu op-amp'larla oluşturulan devre uzaktan kumanda alıcısından gelen referanstaki hızlı değişimleri yavaşlatır. Motorun çalışmaya hazır modunda 8. Op-amp çıkışındaki +5V, B noktasında -15V'luk besleme gerilimi ve R, direnci ile sınırlanır. Böylece motor dururken B noktasının 0V olması sağlanır.

2.5. Hız Geri Besleme Devresi

Motor miline bağlı takogeneratörde motor hızına bağlı olarak üretilen gerilim, rıplarının giderilmesi için süzgeç devresinden geçirilerek tampon olarak görev yapan 10. Op-amp'a uygulanır. Bu op-amp çıkışı B noktasına uygulanır. Takogeneratörünün gerilimi motor dönüş yönüne bağlı olarak pozitif veya negatiftir. Motor dönmezken takogeneratör çıkış gerilimi 0V'tur.

2.6. PI Kontrol Devresi

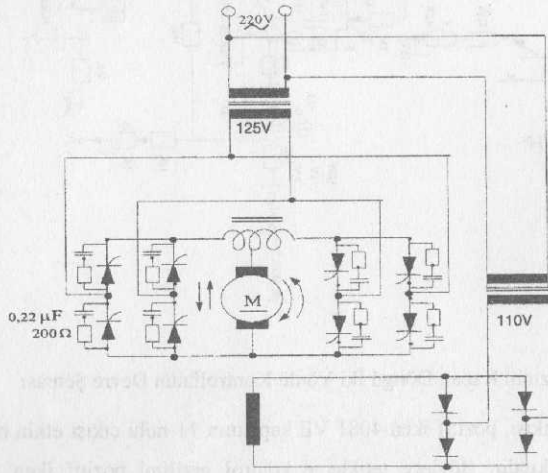
Şekil 2.2'deki 9. Op-amp devresi oransal-integral işlemi yapar (PI). B noktasına, uzaktan kumanda alıcısından gelen referansa bağlı olarak elde edilen ivme sınırlayıcı çıkış gerilimi ile DA takogeneratör çıkışı birbirine ters işaretli olarak uygulanır. Devredeki T₁ (BF 245 FET), ofset hatası sonucu 9. Op-amp çıkışının başlangıçta pozitif veya negatife gitmesini engeller. Böylece başlangıçta PI'nin tıkama durumunda kalmasını sağlar. BF 245'in geýt ucuna uygulanan -15V besleme gerilimi yardımı ile PI'daki tıkama kaldırılır. Giriş işaretlerinin durumuna göre C noktasında 9. Op-amp çıkışından pozitif veya negatif tetikleme kontrol gerilimi elde edilir. Çıkış gerilimi;

$$V_o = \int \frac{1}{C} dt + IR \quad \text{olur.} \quad (2.1)$$

kontrol gerilimi negatif yapılırca daha önce iletimde olan tristör köprüsü yalıtımda, daha önce yalıtımda olan tristör köprüsü iletimde olacağından DA motoru diğer yönde dönecektir.

2.8.Güç Kontrol Katı

Motorun iki yönlü hız kontrolünün yapılabilmesi için tristörlerden oluşan doğrultucu devresi, Şekil 2.3'te görüldüğü gibi iki köprü bağlantısından her biri diğerine nazaran ters yönde akım geçirecek şekilde düzenlenmiştir. Tetikleme kontrol gerilimi pozitif olduğunda köprülerden biri iletimde diğeri yalıtımdadır. Motor bir tarafa doğru dönmektedir. Tetikleme kontrol gerilimi negatif yapılırca, daha önce iletimde olan tristör köprüsü tıkamada diğeri tristör köprüsü iletimdedir. Dolayısıyla DA motor endüvisinden geçen akımın yönü değişecek ve motor diğer yönde dönecektir. Tetikleme kontrol gerilimi 0V olunca motor duracaktır. Motor yüksek devirlerde zarar görmemesi için devir yönü değiştirmelerde tetikleme kontrol gerilimi sistemin yapısından dolayı sıfıra inme zorunluluğundadır. Böylece hızı kontrol edilen DA motorunun endüvi sargısından istenilen yönde akım geçirilerek iki yönlü hız kontrolü sağlanır. Aşırı gerilimlerden ve kritik gerilim yükselme hızını aşmasından sistemi korumak amacıyla Şekil 2.3'te görüldüğü gibi tristörlere şönt olarak, birbirine seri bağlı R-C elemanları bağlanmıştır. İki köprü arasında meydana gelebilecek kısa devre akımına karşı reaktans oluşturması ve motor akımının ani değişikliklerinde di/dt değerini sınırlandırmak amacı ile tristör devresine seri olarak Şekil 2.3'teki gibi şok bobini bağlanmıştır.



Şekil 2.3.İki Yönlü, Bir Fazlı Tam Dalga Kontrollü Doğrultucu İle Beslenen Yabancı Uvartımlı DA Motor Devresi

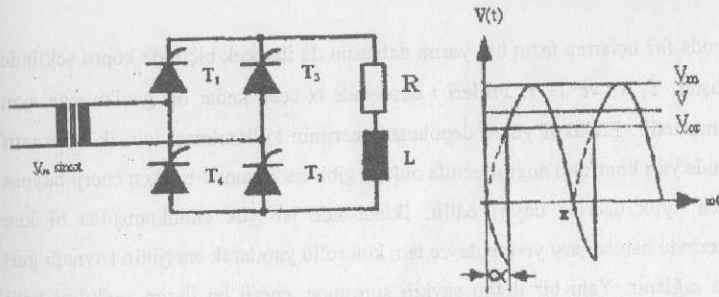
2.8.1 .Tam dalga kontrollü doğrultucu

Bu doğrultucuda faz uçlarına fazın her yarım dalgasını da iletecek biçimde köprü şeklinde tristörler konmuştur. T_1 T_2 ve T_3 T_4 çiftleri t ekseninde α açısı kadar bir gecikmeyle aynı anlarda tetiklenmektedir. Endüktif yükte depolanan enerjinin kullanılması için iki alternatif vardır. Birincisinde yarı kontrollü doğrultucuda olduğu gibi endüktansta biriken enerji baypas diyodu üzerinden yük üzerine deşarj edilir. İkincisinde ise yük endüktansında biriken enerjinin yük üzerinde harcanması yerine devre tam kontrollü yapılarak enerjinin kaynağı geri dönüşüne imkan sağlanır. Yani bir iletim sayıklı süresince, enerji bu iletim sayıklını belli süresince kaynaktan yüke akarken belli aralıklarla yükten kaynağa doğru akmasına imkan sağlar. Tam kontrollü doğrultucu devrelerde yük endüktansında biriken enerjinin bir kısmı omik yükte ısı şeklinde harcanırken bir kısmı da enerjinin belli aralıklarla kaynağa aktarılması yönü ile yarı kontrollü doğrultucudan farklıdır. Yük devresinin endüktif etkisinden dolayı herhangi bir fazdaki tristör çifti, faz gerilimi negatife geçse bile bir süre daha iletimde kalmaktadır. Yük devresi elemanları cinsinden $L/R \gg 1$ bağıntısı ile verilecek bu şartın sağlandığı bu devrelerde çıkıştaki gerilimin ortalama değeri;

$$V_{or}(a) = \frac{1}{\pi} \int_a^{\pi+a} V_m \sin \omega t d(\omega t)$$

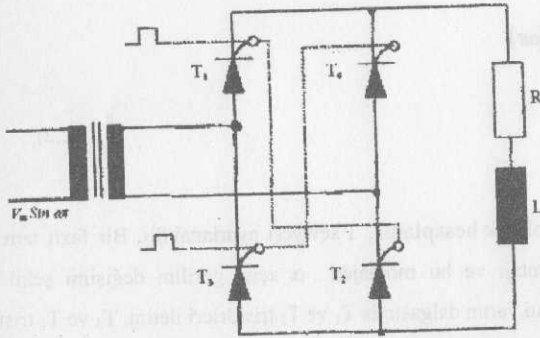
$$= \frac{2V_m}{\pi} \cos a \quad (2.2)$$

Tetikleme açısı değiştir olarak hesaplanır. ı seviyesi ayarlanabilir. Bir fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun montajı ve bu montajda α açısı gerilim değişimi şekil 2.4'te verilmiştir. Besleme geriliminin yarım dalgasında T_1 ve T_2 tristörleri iletim, T_3 ve T_4 tristörleri kesim konumundadır. Diğer yarım dalgada T_3 ve T_4 tristörleri iletim, T_1 ve T_2 tristörleri kesim konumundadır. Tam kontrollü doğrultucuda yük akımı devamlı ise, $\alpha=90^\circ$ ye kadar doğrultucu, $\alpha=90^\circ$ ile 180° aralığında evirici modunda çalışır (Coşkun,1987:3-22). 90° de ise çıkış gerilimi ortalama değeri sıfırdır.



Şekil 2.4. Tam Dalga Kontrollü Doğrultucu Ve Gerilim Eğrisi

Tam dalga doğrultucuda dikkat edilmesi gereken bir nokta da aynı anda iki tristörün birden ilettime sokulması gerektiğidir. Bir başka deyişle tetikleme devresinde elde edilen herhangi bir yarı dalgadaki elektriksel işaret, birlikte ilettime girecek olan iki tristörün kapı devresine uygulanacaktır. Bir fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun kapı devresine tetikleme devresinden gelen elektriksel işaretin uygulanması şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5. Bir Fazlı Tam Dalga Kontrollü Doğrultucunun Kapı Devresine, Tetikleme Devresinden Gelen Elektriksel İşaretlerin Uygulanması

2.9. Devir Sayıcı Devresi

Devir sayıcısı, ICL 7107 entegresi ile gerçekleştirilmiştir. ICL 7107 tüm devresi sayısal özgün ölçü aletlerin yapılması olası kılan bir Analog/Sayısal çeviricidir.

Hızı kontrol edilen DA motorun miline akupule bağlı DA takogeneratörde üretilen DA gerilimin seviyesi, artan motor devri ile lineer olarak arttığı düşüncesinden hareketle, devir sayıcı devresi tasarlanmıştır. Geri besleme devresi için kullanılan DA takogeneratörünün çıkışından elde edilen doğru gerilimden sayıcı devresi için de faydalanılmıştır. Takogeneratör çıkışı rıplıları önlemek için süzgeç devresinden geçirilerek devir sayıcı devresine uygulanır. Kullanılan DA takogeneratörünün maksimum $\pm 3,5V$ DA gerilim üretmesi dikkate alınarak, sayıcı devresi düzenlenmiştir. Devrede besleme gerilimi olarak $\pm 5V$ besleme kaynakları kullanılmıştır.

Gösterge kısmı ise, hızı kontrol edilen DA motorunun anma değeri olan 1450 d/d olduğundan 1999 devre kadar gösterecek şekilde dört rakamlı olarak tasarlanmıştır. Hızı kontrol edilen DA motor hızı, sayısal olarak göstergeden okunabilmektedir. Ayrıca motorun devir yönü göstergede bulunan LED ile sezilebilmektedir.

2.10. Besleme Katı

Yapılan uygulamada kullanılan CMOS ailelerinden olan op-amp'lar besleme gerilimi kadar çıkış gerilimi verebilecekleri dikkate alınarak $\pm 15V$ ile beslenmiştir.

Aynı kaynaktan 4081 VE mantık kapısı ve kare dalga üreten 555 entegresi ile oluşturulan osilatör devresi +15V ile besleme yapılmıştır. Uzaktan kumanda verici devresi için gerekli 12 V ise TTT ailelerinden olan devre elemanları için +5V regüleli besleme devreleri kullanılmıştır.

3. ÇALIŞMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

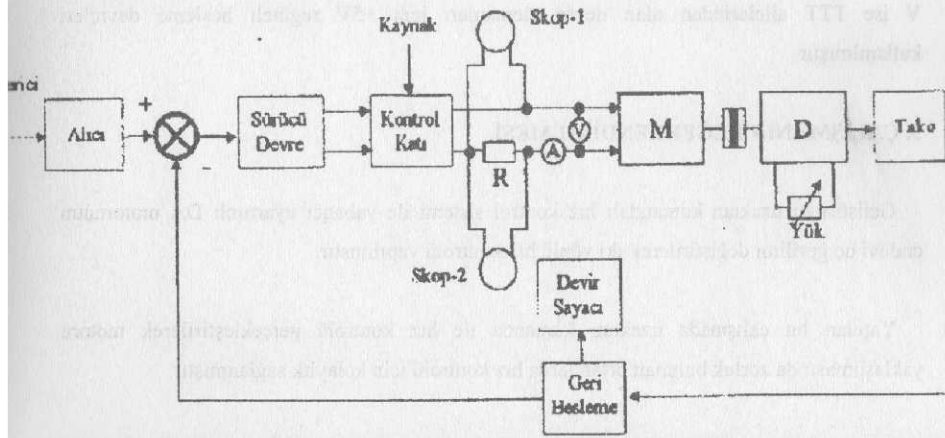
Geliştirilen uzaktan kumandalı hız kontrol sistemi ile yabancı uyarımlı DA motorunun endüvi uç gerilimi değiştirilerek iki yönlü hız kontrolü yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmada uzaktan kumanda ile hız kontrolü gerçekleştirilerek motora yaklaşılmasında zorluk bulunan ortamlarda hız kontrolü için kolaylık sağlanmıştır.

Dönüş yönünü değiştirmek için role, anahtar vb. elemanlar kullanılmayıp ömrü uzun, verimi yüksek olan yarı iletken elemanlardan faydalanılmıştır.

Gerçekleştirilen hız kontrol sisteminin uzaktan kumanda mesafesi 10m olarak ölçülmüştür. Uzaktan kumanda alıcısında elde edilen gerilim tetikleme kontrol geriliminin oluşmasında kullanılmıştır. DA motorunun iki yönlü çalışması için tetikleme kontrol geriliminin 0V'tan geçerek pozitif veya negatife gitme zorunluluğu vardır. Bu nedenle uzaktan kumanda alıcısında elde edilen gerilimin orta değeri olan 5V hafızaya alınmıştır. Hız kontrol sistemi çalışmaya hazır modunda iken alıcıdaki bu 5V'luk referans gerilimine karşılık tetikleme kontrol gerilimi 0V olacak şekilde düzenlenmiştir. Böylece vericide elde edilen gerilimin yarısı bir yön, yarısı da diğer yön için tetikleme kontrol geriliminin oluşmasında kullanılmıştır.

Değişen yük durumlarında motor hızının sabit kalması kapalı döngü hız kontrol sisteminin bir gereğidir (Aşmer, Akpınar, 1987:731-734). Bu durum, yapılan çalışma için Şekil 3.1'de blok şeması verilen deneyle test edilmiştir. Bunun için hız kontrolü yapılan DA motoru miline akupule dinamo bağlanmıştır. Uzaktan kumanda ile motor endüvi uçlarına uygulanan gerilim arttırılarak motor devri 1250 d/d olarak ayarıldıktan sonra uzaktan kumanda ile endüvi uç gerilimi arttırma işlemine son verilmiştir. Daha sonra motor, dinamo uçlarına bağlı ayarlı direnç vasıtasıyla kademe kademe yüklenmiştir. Her yük kademesine kademesine karşılık gelen I_a , E_a ve hız değerleri motor devresine bağlı ampermetre, voltmetre ve devir sayıcı ile tespit edilir.



Şekil 3.1. Değişen Yük İle Hız İlişkisi Deneyi Blok Şeması

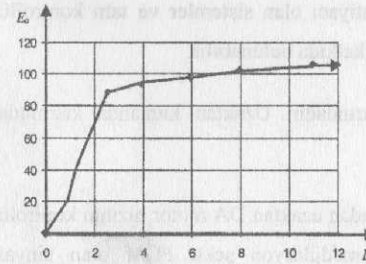
Motor devri 1250 d/d oluncaya kadar ve daha sonraki değişik yüklerde alınan bu değerler Tablo 3.1'de verilmiştir. Motor hızı 1250 d/d olarak ayarlandıktan sonra I_a değerlerinin artışları yük artışlarının göstergesi olmaktadır.

Tablo 3.1. Yük Akımı İle Yük Gerilimi ve Hız İlişkisi

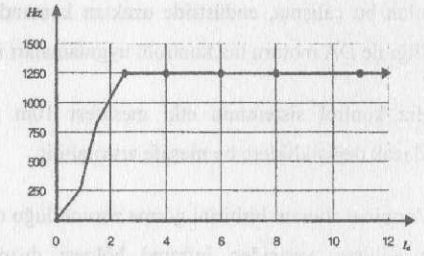
I_a (A)	E_a (V)	Hız (d/d)
1	20	250
1.2	40	550
1.5	60	830
2.3	80	1100
2.5	89	1250
4	95	1250
6	98	1250
8	102	1250
11	105	1250

Şekil 3.2'de motor hızı 1250 d/d'dan sonra her kademe yük artışında geri besleme etkisi sayesinde motor uç geriliminin de otomatik olarak artışı görülmektedir.

Şekil 3.3'de motor hızı 1250 d/d'ya ayarlandıktan sonra kapalı döngü kontrol sistemi gereği artan yükte birlikte otomatik olarak motor uç geriliminin artması sonucu motor hızının sabit kaldığı görülmektedir.



Şekil 3.2. I_a ile E_a değişim eğrisi



Şekil 3.3. I_a ile hız ilişkisi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, etiket değeri 115V, 1KW olan yabancı uyarımlı DA motorunun uzaktan iki yönlü kapalı döngü hız kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kontrol edilen gücün büyüklüğüne göre güç devresinde kullanılan transformator ve tristörlerin akım ve gerilim değerleri belirlenmiştir. İstenirse akım ve gerilim değerleri yüksek transformator ve tristörler kullanılarak daha güçlü DA motorlarının hız kontrolü yapılabilir.

Uzaktan kumanda kısmının kontrol işleminde, IR ışınlar ve uzaktan kontrol metotlarından biri olan "Darbe Kod Modülasyonu" kullanılarak hız kontrol sisteminin güvenilirliği artırılmış ve çevre etkilerinden arındırılmıştır. Alıcıya giden bilgi sinyalleri IR frekans bölgesinde gönderildiğinden alıcı ve vericinin birbirini görme zorunluluğu olduğundan, istenirse aynı kumanda ile aynı mekanda birden fazla DA motorunun hız kontrolü yapabilme imkanı vermektedir. Aynı zamanda başka sistemleri etkilemesi ve onlardan etkilenmesi gibi sakıncalar giderilmiş olmaktadır.

Vericide bulunan tuşlara basılarak motorun istenilen yönde ve istenilen hızda çalışması sağlanmaktadır. Tuş bırakılınca motor bulunduğu çalışma hızında çalışmasına devam etmektedir. Stop tuşuna basılınca motor durmaktadır. Açık döngü hız kontrollü çalışmada, motor endüvi uçlarına uygulanan gerilim sabit tutulup motor miline uygulanan yük değiştiğinde motor hızı değişmektedir. Prototipi gerçekleştirilen hız kontrol sisteminde takogeneratör kullanılarak kapalı döngü hız kontrolü yapılmıştır. Böylece değişen yük durumlarında otomatik olarak sabit hızda çalışma mümkün olmaktadır.

Sonuçta, yanına yaklaşımda sakınca ve zorluk bulunan ortamlarda kolaylık sağlamak amacıyla DA motor hız kontrolünde kullanılabilir uzaktan kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışma, endüstride uzaktan kumanda ihtiyacı olan sistemler ve tam kontrollü özelliği ile DA motoru hız kontrolü uygulamaları için katkıda bulunabilir.

Hız kontrol sisteminin etki mesafesi 10m civarındadır. Uzaktan kumanda kısmında yapılacak değişikliklere bu mesafe artırılabilir.

Verici ve alıcının birbirini görme zorunluluğu olmadan uzaktan DA motor hızının kontrolü arzu edilirse, vericiden infrared bölgesi dışında modülasyon şekli PCM olan sinyal gönderilerek hız kontrol sistemi gerçekleştirilebilir.

Yapılan çalışmada tristör kullanılmıştır. İstenirse kontrollü yarı iletken olan transistörler kullanılarak yapılacak hız kontrol sistemi ile de DA motor hızı kontrol edilebilir.

Gelişen teknolojiye paralel olarak, mikroişlemci veya bilgisayar kullanılarak DA motor hız kontrol sistemi tasarım ve uygulaması gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Alper, Ü., İnsansız Bir Hava Aracı İçin Otomatik Uçuş Kontrol Sistemi Tasarımı, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999.
- Aşmer, H., Akpınar, S., "Serbest Uyarmalı D.C. Motorunun Kapalı Çevrim Denetimi", *Elektrik Mühendisliği 2.Ulusal Kongresi*, 731-734, 1987.
- Bosse, F. and Thiel, M., "Controller for Controlling D.C. Motors", *Radio Fensehen Electronic*, Vol.39, No.7 430-432, 1990.
- Burunkaya, M., Uzaktan Kumandalı Anten Yönlendirme Sistemi Tasarımı ve Yapımı, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1997.
- Chakravarti, P.K., "Method for Thyristor Control of DC Motor Speed using Analog Storage Method," *IEEE Technical Review*, VII, 3, 191-193, 1990.
- Coşkun, İ., Doğru Akım Motorlarında Hız Kontrolü ve Yeni Bir Doğru Akım Darbeleyici Tasarımı, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1987.
- Ferrel, G.S., *Introduction to Communications Systems*, Third Edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- Hindmarch, J., *Electrical Machines and Their Applications*, 4th Edition, Wheaton Co. Ltd., Exetev, 1997.
- I.T.T., SAA 1293 Remote Control and Tuning Microcomputer for T.V. Receivers, *I.T.T.*, 1-11, 1985.
- Kaplan, İ., D.C. Motor Devrinin ve Devir Yönünün Uzaktan Kontrolünün Tasarımı ve Uygulaması, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996.
- Özgü, S.Z., Televizyon Alıcılarının Tüm Sistem Fonksiyonlarının Infraruj Uzaktan Kumanda ile Kontrol Edilmesi, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1994.
- Stephan, R.M., Hahn, V. and Unbehaven, H., "Cascade Adaptive Speed Control of a

Springob, L., *DC Motors and Power Electronics*, Leybold Didactic GMBH, 1992.

Vang, P, at all. "Digital Speed Control of a D.C. Motor from Identification to Implementation", *CRAN-ENSEN, IEEE, II*, 1563-1565, CH 29 N.Y., U.S.A..1991.

Author: H. Kalkreuth, D.C. Motor and Power Electronics, Leybold Didactic GMBH, 1992.

Author: P. Vang, M. Sc. Thesis, Department of Electrical Engineering, Aalborg University, Denmark, 1991.

Author: M. Kalkreuth, D.C. Motor and Power Electronics, Leybold Didactic GMBH, 1992.

Author: P. Vang, M. Sc. Thesis, Department of Electrical Engineering, Aalborg University, Denmark, 1991.

Author: H. Kalkreuth, D.C. Motor and Power Electronics, Leybold Didactic GMBH, 1992.

Author: G. Kalkreuth, D.C. Motor and Power Electronics, Leybold Didactic GMBH, 1992.

Author: H. Kalkreuth, D.C. Motor and Power Electronics, Leybold Didactic GMBH, 1992.

Author: P. Vang, M. Sc. Thesis, Department of Electrical Engineering, Aalborg University, Denmark, 1991.

Author: H. Kalkreuth, D.C. Motor and Power Electronics, Leybold Didactic GMBH, 1992.

Author: G. Kalkreuth, D.C. Motor and Power Electronics, Leybold Didactic GMBH, 1992.

Author: H. Kalkreuth, D.C. Motor and Power Electronics, Leybold Didactic GMBH, 1992.

Author: P. Vang, M. Sc. Thesis, Department of Electrical Engineering, Aalborg University, Denmark, 1991.