

LOKOMOTİFLER İÇİN TRANSİSTORLU EVİRGEÇ SÜRÜCÜLERİ

Yazanlar: P.J. SHEARWOOD
M.A. GIBBON, GEÇ Rectifier Ltd.

Çeviren: Bülent OTUZ, Elektrik Müh.

Demiryolu taşımacılığında kullanılan lokomotif motorları genellikle, seri-bağlı d.a. motorlardır fakat, motor özellikleri bakımından lokomotifler için gerekli karakteristiklerin diğer tür motorlarda, seri da. motorundan daha üstün olduğu gözlenmiştir. Daha küçük, hafif, ucuz ve az bakım gerektiren a.a. asenkron motor, bunlara bir örnektir fakat çok sınırlı kullanım alanına sahiptir.

Bu farklı motor türleri, farklı denetleç biçimleri gerektirirler, seri d.a. motorunun en önemli avantajı .göreceli olarak daha basit bir denetleçle çalıştırılabilmesidir. A.A. asenkron motoru bu kadar kolay denetlenemez ve böylece karmaşık, pahalı ve genellikle hantal denetleçten sonuçlanan dezavantajları, tüm sürücü paketi göz önüne alındığında, motorun gerçek avantajlarını yitirmesine neden olur.

Bu makalede anlatılan transistorlu-evirgeç sistemi, demiryolu uygulamaları için aa. asenkron-motor denetleci alanında önemli bir aşamadır. Son zamanlarda geliştirilen yüksek-güç transistörleri; boyut, denetlenebilirlik ve verimlilikte önemli avantajlar sağlayarak, aa. asenkron motorun dahili avantajlarının kullanımına olanak verir. Ortaya çıkan toplam sürücü paketi, halihazırda da. motor sürücüsü ile boy ölçüşebilecek niteliktedir ve evirgeç ile motor teknolojisi geliştikçe avantajları daha da artacaktır.

Transistorlu evirgecin kendisini anlatmadan önce.aa. asenkron motorun avantajlarını, dezavantajlarını ve gerekliliğini açıklamak uygun olacaktır.

LOKOMOTİFLERDE ASENKRON MOTORLAR

Demiryolu uygulamaları için gelecek vadeden motor, üç-fazlı, kafes tipi asenkron motordur. Avantajları şu şekilde özetlenebilir:

1. Daha küçük ve ucuz-Komütatörün olmaması, hacim ve ağırlığı doğrudan azaltır ve ayrıca motorun daha yüksek hızlara ulaşmasını sağlayarak, verilen bir çıkış gücü için motor boyutunu daha da küçülür.
2. Yüksek hızlarda ve dinamik frenlemede artan güç-Komütatör motorlarının, genelde reaktans gerilimlerinin neden olduğu aşırı komütatör kıvılcımları nedeniyle, yüksek hızlarda anma gücünü sağlama yetenekleri sınırlıdır. Komütatör, frenleme sürecin de de mevcut frenleme gücünü sınırlar. Komütatörün atılması bu sınırlamaları ortadan kaldırır.
3. Daha az bakım-Denetlenecek komütatör ve değiş tirilecek fırçalar yoktur.
4. Kötü çevre koşullarına tolerans-Çevre tarafından ve yüksek şok yükleri ile etkilenecek hareketli elektrik kontakları yoktur.
5. Düşük maliyet-Az sayıda araç kullanılması ve pa-

* Bu yazı GEÇ Journal of Science and Tech. dergisinin Vol. 47 no. 2,1981 sayısından çevrilmiştir.

halı komütatörün bulunmaması nedeniyle yatırım masrafları, daha az bakım gerektirdiği için de işletme masrafları azdır.

Görüldüğü gibi tüm avantajlar komütatörün bulunmaması nedeniyle ortaya çıkar. Makinanın tasarımına gerekli özen gösterilir ve bakımı ihmal edilmezse komütatör ve fırçaların sıkıntı yaratmayacağı söylenir. Bu doğru olabilir fakat, bütünüyle makina açısından, komütatörsüz daha rahat olunacağına anlaşmak gerekir.

Komütatör, makinadaki sabit manyetik alana bağlı ve makina hızından bağımsız olarak, gerektiğinde armatür sargılarındaki akımın yönünü değiştirerek, da. motorunda bir frekans değiştirici gibi işlev görür. Asenkron motorlarda stator sargılarındaki akımın yönünün periyodik olarak değişimini gerektirirler. Motor, evirgeçten besleniyorsa bu işi evirgeç görür.

Komütatör ve evirgeç paralel işlev görürler ve her ne kadar komütatör birçok sorun yaratırsa da, birçok evirgeç çözümlerinden daha popüler olarak kullanılmaktadır. Transistörle evirgeç, bu durumu değiştirecek birtakım özelliklere sahiptir, fakat ona geçmeden, evirgeç-beslemeli asenkron motorlardan biraz bahset -met gereklidir.

EVİRGEÇ-BESLEMELİ ASENKRON MOTORLARIN TEMEL İLKELERİ

Asenkron motorun ders kitaplarında genellikle anlatılan özellikleri, sabit-frekans, sabit-gerilim aa. kaynağından beslendiğinde motorun yol-verme ve çalışma performanslarıdır. Asenkron motorun en genel uygulaması, doğrudan kaynağa bağlı ve herhangi bir denetleme elemanı olmaksızın, anma sınırına kadar, yükün talep ettiği döndürücü-kuvveti sağlayan bir sabit-hız makinası olarak kullanılmasıdır

Banliyö trenleri için sürücü gereksinimi çok farklıdır. Burada çekicinin, hem motor ve hem de frenleme çalışması için, sıfırdan tam hıza kadar tam ve düzgün denetimi gereklidir. Sabit-frekans, sabit-gerilim kaynağından beslenen motor, bu gereksinimi karşılayamaz. Uygulanan frekans ve gerilimin tam denetimi gereklidir. Temel ilkeleri açıklamak üzere burada, değişken-frekans, değişken-gerilim kaynağından beslenen aa. asenkron motorun çok basitleştirilmiş olarak çalışması anlatılacaktır.

Asenkron motorun statoru, bir aa. kaynağından beslendiğinde, makina içinde dönen bir manyetik alan oluşturacak şekilde sarılmıştır. Rotor, bu alan içinde serbestçe döner ve en basit anlamda, bu alan içinde sürüklenir. Dönen manyetik alan ile rotor arasında daima göreceli bir hareket vardır ve rotor hiçbir zaman manyetik alanla tam olarak aynı hızda dönmez.

Göreceli hareket, rotor sargılarında akım indükler ve rotor sargılarında akan akımla, dönen manyetik alanın girişimi, çıkıştaki döndürücü-kuvveti ve böylece asenkron motorun gücünü sağlar. Göreceli hareket olmazsa, ne indüklenen akım ve ne de döndürücü-kuvvet oluşur. Göreceli hareketi anlamak çok önemlidir. Motor döndürücü-kuvvetini belirleyen, mutlak dönme hızı değil, dönen manyetik alanın, rotor'a göre göreceli hızıdır.

Şekil 1'de, sabit-gerilim, sabit-frekans kaynağından beslenen bir asenkron motorun, hıza göre değişen döndürücü-kuvvet eğrisi gösterilmiştir. Döndürücü-kuvvet, hız karakteristiğinin gerçek şekli, özellikle hasta rotor direnci ve endüstanları olmak üzere motor parametrelerine bağlıdır. Bu konu, aa. asenkron motorları ile ilgili ders kitaplarının hepsinde bulunur. Genelde bulunmayan konu, karakteristik döndürücü-kuvvet/hız eğrisi üzerinde değişken-frekanslı kaynağın etkisidir.

Şekil 2, aynı motor, değişken-frekans ve gerilimle beslendiğinde ortaya çıkan döndürücü-kuvvet/hız eğrilerini göstermektedir. Bu eğriler, makinada sabit bir manyetik akı vermek üzere motora uygulanan gerilimin büyüklüğü denetlenerek çizilmiştir. Bu eğriler, ayrıca motorun yük tarafından senkron hızın üzerinde hızlara çıkarıldığı yani, rotor'un manyetik alandan daha hızlı döndüğü ve rotor ile dönen manyetik alan arasındaki göreceli hareket tarafından indüklenen rotor akımları ile sürüklendiği durumlarda gösterilmiştir.

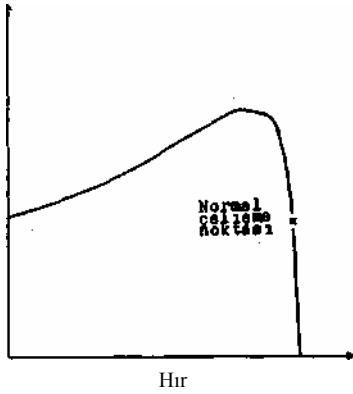
Bu koşullarda kaynak frekansını değiştirmenin etkisi yalnızca döndürücü-kuvvet/hız eğrisini yatay eksen boyunca kaydırmaktır. Herhangi bir hızda, uygulanan motor frekansının uygun seçimi ile sıfırdan maksimuma kadar pozitif (motor) veya negatif (frenleme) bir döndürücü -kuvvet değerine ulaşmak olasıdır. Frenleme sürecinde rejeneratif güç, kaynak sistemine aktarılır.

Bu nokta, daha önceki eğrilerin sabit rotor hızı için değişken kaynak frekanslarına göre çizilmiş şekil 3'ten daha iyi anlaşılabilir. Motor konfigürasyonunda herhangi bir değişiklik yapmadan, maksimum motor döndürücü-kuvvetinden, maksimum frenleme döndürücü-kuvvetine doğru düzgün, sürekli değişim, asenkron motorun karakteristiğini çekicinin doğru denetimi için çok verimli kılar. Bu denetime ulaşmak için yapılacak şey, uygulanan frekansı, küçük bir sahada ayarlamaktır.

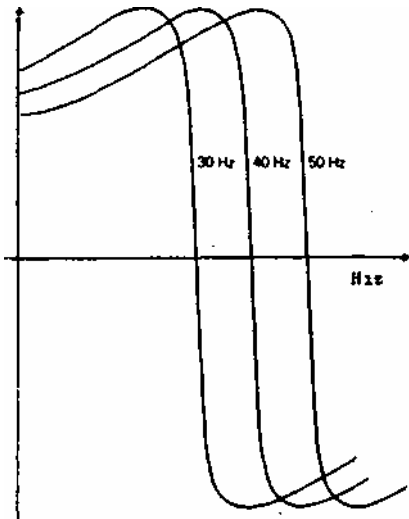
Basitleştirilmiş bu düzende sabit akı koşulu varsayılmıştır. Buna, geniş bir frekans sahasında erişilecek olursa, uygulanan gerilimin denetimi gereklidir. İlk yaklaştırma, uygulanan gerilimi doğrudan motor frekansının değişimi ile ayarlamaktır.

Bu oldukça makuldür çünkü, söz konusu olan bir manyetik devredir ve bu tür bir devrede akı, gerilim/zaman entegraline bağımlıdır. Uygulanan frekans artırdığında çevrim süresi kısalır ve frekanstaki bu artışla akı'yı sabit tutmak için uygulanan gerilimi artırmak gerekir. Stator direnci düşük frekanslarda artar fakat basitleştirilmiş düzeneğe çerçevesinde, uygulanan gerilimin, uygulanan frekansla doğrudan değiştiği varsayılabilir. Çekicinin tam anma değerine ulaşmak için, yukarıda anlatıldığı gibi uygulanan gerilim manyetik alanda aşırı doyum seviyesinin tam alt değerine kadar denetlenir.

48 49 /50 51 52 53
'pralcans/Hz



Şekil 1 Sabit gerilim ve frekansta (50 Hz) çıkış döndürücü kuvvetinin hızla değişimi



Şekil 2 Aynı motor için, değişken frekans ve gerilimde Döndürücü-kuvvet/hız eğrileri

Şekil 3 Değişken frekans ve sabit rotor hızı için döndürücü-kuvvet/hız eğrisi

Çekici sürücüsünde, tam anma değerinin gerekmediği zamanlar da vardır. Evirgeç-beslemeli asenkron-motor sürücüsü ile iki farklı denetim biçimi vardır:

- i) Tam motor akı'sim koruyarak, uygulanan frekansta kısmi değişimler yapıp, şekil 3'teki eğri üzerinde çalışmak. Bu yöntemle, çekilen akım ve motorun güç katsayısının her ikisi de azaltılır, bakır kayıpları azalır fakat demir kayıpları yüksek kalır.
- ü) Uygulanan gerilimi azaltıp, frekansı sabit tutmak. Böylece manyetik alanla rotor arasındaki göreceli hareket sabit kalır. Bu, seçilen akımı ve bakır kayıplarını azaltır fakat güç katsayısını yüksek bir değerde tutar. Gerilimdeki azalma, demir kayıplarını azaltır.

Denetim dizgesinin seçimini etkileyen çeşitli etmenler vardır. İkinci yöntem hem dönele ve hem de lineer motorlara uygulanabilen daha genel bir çözümdür, (ilk yöntem lineer motorlarda, küçük slip değerlerinde kabul edilemez kaldırma kuvvetleri oluşturabilir.) Ayrıca ikinci dizgede evirgeç etrafında bulunan kapasitör akım denetimi, evirgecin tam anma değerinin kullanılmasını sağlar. Bu dizge, burada anlatılacak olan transistörlü-evirgeç'te kullanılmaktadır.

A.A. asenkron motoru anlattıktan sonra şimdi evirgeç'li asenkron-motor sürücüsünün gereksinimlerini tanımlamak olasıdır. Bu sürücü,

- i) Değişken yük güç katsayılarında değişken -gerilim, değişken-frekanslı üç-faz çıkış sağlamalı.
- ü) Standart 600-800V da. kaynaktan çalışmalı.
- iii) Taşıt altına yerleştirmeye uygun olmalı.
- iv) Çıkış frekansını aracın hızına, çıkış gerilimini de talep edilen çekme gücüne bağlayan denetim işlevlerine sahip olmalı.
- v) Güvenilir olmalı ve az bakım gerektirmeli.
- vi) Verimli ve ucuz olmalı.
- vii) Çevre koşullarına uygun olmalı ve özellikle bitişik sistemlerin elektriksel çalışmalarına engel olmamalıdır.

İKİ EVİRGEÇ TÜRÜ

Benzer-karedalga Evirgeci

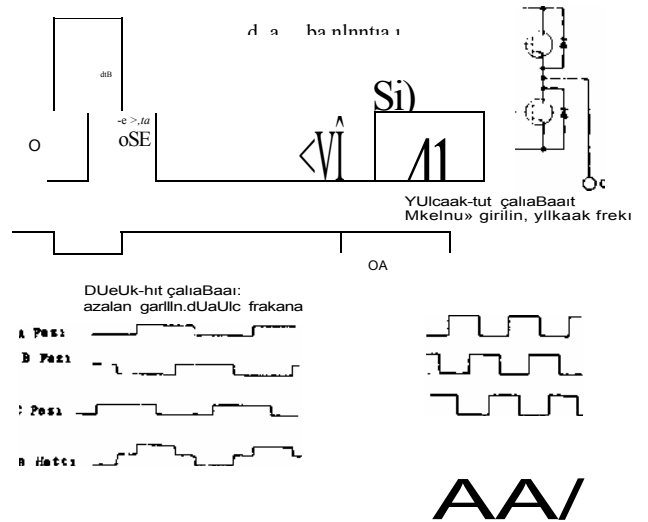
Şekil 4'te tipik çıkış dalga şekilleri ile basit bir üç-fazlı evirgeç gösterilmiştir. Giriş, sabit bir da. kaynağından alınır, burada "sabit", kullanıcının da. gerilimini denetlemediği anlamındadır. Bu sabit gerilim, evirgece uygulanan değişken da. bağlantısını oluşturmak için bir da. kısıyıcı ile regüle edilir. Evirgeç'te, tek-kutuplu röleler gibi işlev gören üç tane aynı tür faz anahtarı bulunur ve anahtarın her transistörü eşit periyotlarda iletir. Faz anahtarları 120° aralıkla çalışırlar ve ortaya çıkan dalga şekilleri gösterilmiştir. Gereken anahtarları oluşturacak transistörler şekilde gösterilmiştir Aşağıdaki tanımlamalar tristör anahtarları içinde eşit olarak geçerlidir ve transistor ve tristör anahtarlarının karşılaştırması daha sonra yapılacaktır.

Bu biçimde evirgeç düzenlemesi, aynen bir d.a. kısıyıcısından beslenen da. komütatör motoruna benzer. Her iki durumda da d.a. kısıyıcı, uygulanan motor gerilimini denetler ve asenkron motorda frekans veya hız denetimi elde etmek için da. motorunun elektromanyetik komütatörü, statik frekans değiştiricisi ile değiştirilmiştir. Bu tür düzenlemenin dört dezavantajı bulunur:

- i) Güç akışı iki yarı iletken anahtarından-kısıyıcı ve sonra evirgeç-geçtiğinden kayıplar artar, ü) Ayrı kısıyıcı, sürücü paketinin boyutunu artırır ve böylece asenkron motorun küçük boyut avantajı, evirgeç kesiminin büyüklüğü ile dengelenir, iii) Evirgeç çıkışındaki karedalga, özellikle düşük hızda çalışırken, düşük frekanslarda gözlenen motor performansındaki düşüme neden olur (motor akımındaki yüksek harmonik içerik, kayıpları artırır).
- iv) Aynı karedalga evirgeç çıkışı, motorda yine özellikle düşük hızlarda belirginleşen döndürücü-kuvvet atımlarına neden olur.

Bu dezavantajların etkileri özel uygulama yerine bağlıdır ve bunlar daima asenkron motorun getirdiği boyut, ağırlık ve performans kazançları ile dengelenir.

Bu yaklaşımın avantajları, evirgeç kısmında kullanılan güç yarı iletkenlerinin tipine bağlıdır. İlerde ayrıntılarıyla anlatılacağı gibi, tristör, evirgeç türü sürücüler için uygun değildir. Evirgeç için gereken her çıkış çevrimindeki anahtarlama sayısı azaltılarak tristörlerle ortaya çıkan güçlükler önlenir ve bu konfigürasyonda kullanılan basit benzer-karedalga yaklaşımı, anahtarlama gereksinimlerini minimuma düşürür.



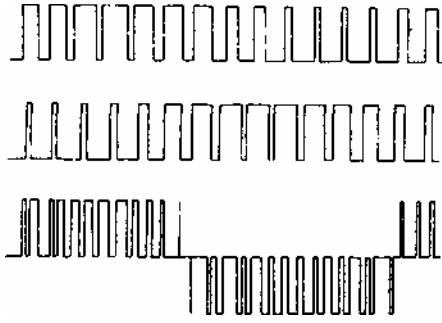
Şekil 4 Benzer-karedalga evirgeci

Darbe Genişliği -Modülasyonlu Evirgeç

Evirgeç devreleri için yüksek-güç transistörlerinin kullanımı, daha önce tristörlerde karşılaşılan anahtarlama problemlerini oldukça kolaylaştırır. O zaman darbe-genişliği modülasyonlu denilen bir evirgeç denetim biçimi kullanılabilir. Bu tür denetim, şimdiye kadar anlatılan daha basit benzer-karedalga.sistemine karşı iki avantaja sahiptir:

- i) Tek bir denetleç içinde tam frekans ve gerilim denetimi yapılabilir-ayrı bir da. regülatörüne gerek kalmadığından, toplam kayıplar ve denetlecin hacmi azalır.
- ü) Düşük çıkış frekanslarında çıkış dalga şekli oldukça iyileştirilmiş ve kayıplarla döndürücü-kuvvet atımları azalmıştır

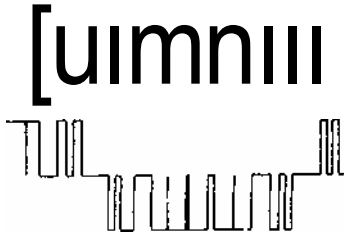
Transistorlu DGM evirgecin esas güç devresi şekil 4'te gösterilenden daha basittir. Girişte de. regülatörüne artık gerek yoktur ve yalnızca üç -faz transistorlu-evi r-geç kısmı yeterlidir. DGM evirgecin çıkış dalga şekilleri şekil 5'te gösterilmiştir ve daha önce elde edilen basit karedalgalardan oldukça farklıdır.



A-Fazı

B Fazı

A-B Hattı



BFa11

A-B Hattı

DGM evirgecin dalga şekilleri: a) düşük-hız çalışması, azalan temel gerilim ve frekans, b) yüksek hız çalışması, artan temel gerilim ve frekans

DGM evirgecinin çalışması için, evirgeci gerekli çıkış frekansından çok daha yüksek bir temel frekansta çalıştırmak gerekir. Tipik olarak 10 Hz. çıkış için evirgeç 400 Hz'te çalıştırılmalıdır. O zaman, çıkış frekansının her çevriminde 40 tane yüksek frekans darbesi bulunur. Her yüksek-frekans darbesinin "mark/space" oranı, kendisini istenen çıkış frekansında tekrarlayan bir örneğe göre değiştirilir. Bu, istenen çıkışı sentezler, örnek tekrarlama oranındaki değişim, çıkış frekansını değiştirir ve darbe-genişliği modülasyonunun alındığı uç değerleri değiştirerek, oluşan düşük-frekanslı gerilimin büyüklüğünü denetler

Şekil 5, 25 Hz ve 45 Hz'lik yüksek çıkış frekansları için çizilen iki farklı çıkış gerilimini gösterir, burada her çıkış çevrimi için 400 Hz'lik darbelerin sayısı

azaltılmıştır. Bu, yalnızca anlatım kolaylığı için yapılmıştır. Yüksek frekanslarda gerek duyulan daha büyük çıkış gerilimlerinin, kullanılan "mark/space" değişiminin uç değerlerini değiştirerek elde edildiği görülecektir. Verilen herhangi bir çıkış frekansından "mark/space" değişimindeki küçük sapmalar, pratik lokomotif kaynak sistemlerinde görülen gerilim değişimlerini kompanze ederek ve tüm çekme işleminin tam sürekli denetimini sağlayarak çıkış geriliminin doğru denetimine izin verir.

Motor performansı göz önüne alındığında, evirgecin DGM yüksek frekanslı çıkışı, etkili bir çıkıştır. Ve özellikle de düşük araç hızlarında böyledir. Bu hızlarda tipik bir evirgeç asenkron motor sürücüsü muhtemelen durağan şekilde motora uygulanan 1 -2 Hz ile çalıştırılabilecektir. 400 Hz esas anahtarlama frekansında çalışan DGM evirgeç ile çıkış-geriliminin harmonik görünüşü 2 Hz'de temel bileşende oluşacak ve diğer harmonikler, modülasyon sürecinden 400 Hz'te toplanacaklardır. Bu yüksek frekanslar, ihmal edilebilir döndürücü-kuvvet darbeleri oluştururlar, Her ne kadar harmonik akım akışı bulunmakla birlikte bu, muhtemelen tam yük akımında asıl değer %5'ini aşmayacak ve harmonik akım akışı ile oluşturulan aşırı ısınma, motorda bir yıpranma yapmayacaktır.

Aynı esas çıkışı, yol verme esnasında oluşturan bir benzer-karedalga evirgeç çalışması da 5., 7., 11., 13. (ve daha yukarı) harmoniklerde ve 1-2 Hz temel bileşende gerilim harmonikleri oluşturacaktır. Bu harmonikler, döndürücü-kuvvet darbeleri oluşturur fakat asıl problem, 5. ve 7. harmonikler birleştiği zaman 6-12 Hz'te ve çıkış döndürücü-kuvvetinin %10-20'sinde bir döndürücü-kuvvet darbesi oluşunca ortaya çıkar. Bu frekans sahasında darbeleri döndürücü-kuvvetler, motorun mekanik rezonansını tahrik edebilir ve tekerlek slip'in artırılabilir. Benzer karedalga'nın neden olduğu bu harmonik akımlar DGM'den daha büyüktür, %5 yerine %25-50'dir ve şimdi aşırı motor ısınması önemli ölçülere çıkmıştır.

Yüksek çalışma frekansı ve hızlarda DGM dalga şekli, her çıkış çevrimindeki anahtarlama darbelerinin sayısı arttıkça benzer-karedalga evirgecinine benzemeye başlar. Fakat motor bu bozulmuş dalgaları daha iyi kullanır ve döndürücü-kuvvet darbeleri, motorun dönme ataleti tarafından zayıflatılır. Dalga şekli-ilişkilerinin etkileri göz önüne alındığında DGM tekniklerinin avantajları, düşük ve orta hız sahasında bulunur.

Her iki evirgeç kesimi de, güç-devresinde yeni düzenleme yapmaksızın rejeneratif frenlemeye olanak verir. DGM evirgeci doğrudan d.a. kaynak sistemini besler ve üretilen gücün tam denetimi, evirgeç çıkış frekansının araç hızına göreceli değeri denetlenerek yapılır.

Benzer-karedalga evirgeç kesimi de aynı şekilde güç üretir fakat şimdi güç d.a. kaynağına bir giriş denetleci yoluyla döndürülmelidir. Bu da rejeneratif gücü işleme yeteneğine sahip olmalıdır, böylece hacim ve maliyet artar.

TRİSTÖR YA DA TRANSİSTOR

Evirgeç, değişken-gerilim, değişken-frekans çıkışı, bir çeşit anahtarlama ile elde eder. En basit biçiminde, her faz çıkışını pozitif ve negatif d.a. kutbunun sırasıyla anahtarlar. Bu anahtarlama, işlemi, bir güç anahtarını gerektirir ve tüm evirgeç paketinin başarısı genellikle bu elemene bağlıdır.

Tristör, bu rolü üstlenecek ideal araç değildir. Sorun, tristörün iletim periyodundan sonra hemen söndürülememesidir. Tristörün kapısı, çok küçük bir darbesi ile iletimi başlatır fakat daha sonra tristörün etkili denetimini kaybeder. Tristör için düşük-güç kapama modu yoktur. Yalnızca, ana devre akımının akışını kesen bir yüksek-güç devresi ile söndürülebilir Bu devrelerde genellikle endüktörler ve kondansatörler bulunur ve bunların çalışmaları, yardımcı bir tristörün açılması ile başlatılır.

Böylece, tristörlü bir evirgeç oluşturmak için, yük akımını taşıyacak bir ana devre ile, her ne kadar uygulanma süreleri aynı olmakla birlikte, yükteki maksimum güç akışı büyüklüğündeki söndürüm darbelerini kaldıracak yardımcı devrelerin bulunması gereklidir.

Araç tasarımcıları, bu yardımcı devrelerin ortaya çıkardığı dezavantajları minimuma düşürmek için çabalamaktalar fakat en iyi çözüme ulaşmak oldukça güç görünüyor. Minimum-boyutlu komütasyon devreleri elbette boyutları küçültür ve verimliliği artırır, fakat aşırı yük yeteneklerini sınırlar. Reaktörlerin kaçak alanları, elektronik devrelerle girişim yapar. Demir reaktörler küçük fakat ağırdır ve çok gürültülü olabilir. Genelde tristörün komütasyon devreleri da motorlarının komütatörü gibidir, iyi denetlenen bir çevrede iyi tasarlanmışsa tatmin edicidir fakat bulunmasa daha iyi olur.

Böylece, evirgeçler için yüksek-güç transistor devreleri geliştirme çalışmalarına tristörlerin ve onlarla birlikte kullanılan komütasyon devrelerinin ortaya çıkardığı problemleri çözmek için başlandı. Transistorun baz'ı, transistorden akan akımı sürekli denetleyebilir, böylece düşük güç devrelerinde, güç anahtarını kapatacak araçlar daima mevcuttur. Artık ana devredeki akımı kesecek yardımcı bir devreye gerek yoktur.

Evirgeç devrelerinde güç transistorlerini kullanma avantajı uzun yıllardan beri biliniyordu fakat yüksek

güç araçlarında yeteri kadar büyük anma değerleri ile kullanılmaları yalnızca son yıllarda gerçekleştirilmiştir. Şimdi, 80 kVA'lık maksimum-değerli asenkron motor, seri-paralel transistor bağlantıları kullanmayan ve buna rağmen transistorler için duyarlı akım ve gerilim payları bırakan bir transistorlu evirgeç ile denetlenebilir. Daha yüksek güçler için transistorler seri ve paralel bileşimlerde kullanılırlar Bu, belki de 1000 VA'ya kadar etkili bir çözümdür. Halen 325 kVA'ya kadar birimler yapılmıştır ve Kanada'daki araçlarda denenmektedir. Bu ilk birimlerden 750 kVA'lık bir birim geliştirilmiştir ve Stafford'ta son testleri tamamlanmak üzeredir

TASARIM PROBLEMLERİ

Güç transistorlerinin uygulanmasında şu tasarım alanlarına özen gösterilmelidir:

Transistor Baz Sürücüsünün Koşulu

Tüm iletim periyodunda transistorun baz'mı sürmek gerekir. Yüksek-güç araçlarında genellikle ana güç transistorleri için bir sürücü transistor bağlanır. Bu, denetim elektroniği tarafından sağlanan gücü, transistorun talep ettiği miktara düşürür.

Yukarda anlatılan kısıyıcı ve evirgecin her ikisi de, tam anma değerlerine ulaşmak için denetim gücünün yalnızca 200 W'mı çeker. Her baz-sürücü devresi, klasik elektronik teknikleriyle halihazırda elde edilmiş olan 2,5 V'ta 10 A kullanılır. Fakat seri bağlı transistorlerin, baz sürücüsüne süratli yükselme ve alçalma zamanları ile eşzamanlı sürülmelerine gerekli dikkat gösterilmelidir.

Durdurma Devrelerinin Tasarımı

Bu devreler transistorleri n anahtarlama etkilerini dieldirtir-f-r. Seri eleman anahtarlama anında araçtaki artış oranını sınırlama işlevi gören bir endüktördür. Paralel eleman, transistor kapandığında, ana devre akımına değişik bir yol sağlayan bir kondansatördür. Aktarılan devre akımı, kondansatörü doldurduğunda, kapatılan transistor üzerindeki gerilim artış oranı paralel yolla sınırlanır. Paralel kondansatöre normal olarak bir diyot seri bağlanır. Bunun, kapanma anında kondansatörün işlevi üzerinde bir etkisi yoktur fakat bir daha anahtarlandığında transistorun kondansatörü süratle boşaltmasını engeller. Paralel sızdırma direnci, denetimli kondansatör boşalmasını sağlar.

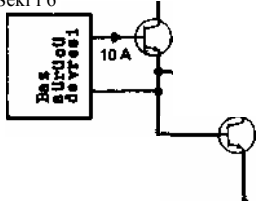
Durdurma devreleri, kendi kayıpları pahasına açılma ve kapanma anlarında transistor kayıplarını azaltırlar. Böylece, transistor baskısı ile tüm devre kayıpları arasında bir denge kurmak için dikkatli bir optimizasyon yapılmalıdır.

İki ana güç transistörü, durdurma devreleri ve baz sürücüsü ile bir transistör sürücü devresi şekil 6'da gösterilmiştir.

O

" 700 A maksimum

Seki 1 6



Durdurma devreleri ve baz sürücü ile transistör sürücü devresi

Güç Devresinin Korunması

Tam anma değeri gerekli ise, bu iş için basit bir sigorta uygun düşmez. Tipik problem, denetleç çıkışında bir kısa-devre arızası olduğunda ortaya çıkar. Gerekli önlem alınmazsa, transistör akımı hızla artar ve bir noktada baz sürücü devreleri, ana-devre akımını karşılayacak ölçüde sürme yapamaz. Transistör, araç kayıplarının aşırı olduğu bir çalışma sahasına girer. Bu duruma yalnızca 20 jus dayanabilir. Bu süre, klasik sigorta koruması için çok kısadır. Aşırı kayıp başlangıcını sezmek ve transistörü süratle kapamak gerekir. Transistör korumasının esası, arızayı süratle sezmek ve kapatma işlemini hemen başlatmaktır.

Transistörlü DGM evirgecin başarısı, bu problemlerin ayrıntılı çözümlerine bağlıdır. Çözümler geliştirilmiş ve 650 kVA'lık transistörlü DGM evirgecinde denenmiştir.

650 kVA'lık TRANSİSTÖRLÜ DGM EVİRGEÇ

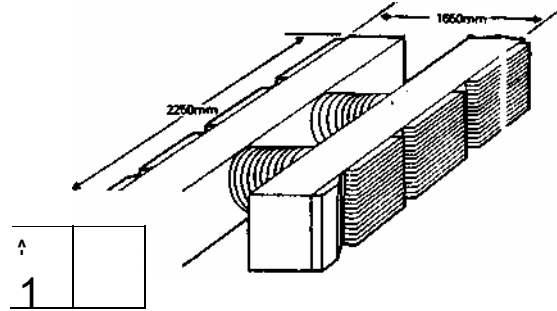
Mekanik Yapı

Şekil 7, 650 kVA'lık evirgecin genel tasarımını gösterir. Araçta, herbiri lineer bir asenkron motoru besleyen iki ayrı 325 kVA'lık evirgeç bulunur. Her 325 kVA'lık birim, giriş süzgeç endüktörü arada olmak üzere bir yan kafese yerleştirilmiştir. Uzaktan denetim birimi de dahil olmak üzere toplam ağırlık 1300 kg'dir.

Kafesin son kısmına, pozitif ve negatif da. kutup izolasyonunu sağlamak için giriş kontaktörleri ve 600V d.a. kesicisi yerleştirilmiştir. Evirgecin kendisi, güç transistörleri üzerine oturtulmuş üç adet 'güç yüzgeci' durdurma devreleri ile koruma ve sürme elektroniğini içerir. Güç transistörleri ve diğer ısı kaybeden bileşenler yakın termik kontakta fakat güç yüzgecine baz teşkil eden alüminyum ısı tankından elektriksel olarak izole edilmiştir. Bu ısı tankı, kafesin alt kenarına bağlanmıştır.

Komütasyon reaktörleri ve kondansatörlerinin olmaması, güç devresi elemanlarının çoğunu, bu süzgeçlere yerleştirmeye ve yalnızca di/dt reaktörü ile giriş süzgeç kondansatörlerinin kafese yerleştirilmesine olanak verir. Bu düzenleme, termik tasarımı kolaylaştırır ve evirgecin, araç hareketiyle ortaya çıkan hava akımı ile doğal soğutulmasını sağlar.

Tüm araç paketi, aracın altında merkezi bir yere bağlanmıştır. Evirgeç kesimi su geçirmez contalarla tamamen kaplanmıştır fakat kesici kesimi ark nedeniyle yarı kaplıdır.



Şekil 7—650 kVA'lık transistörlü DGM evirgeci

Elektrik Tasarımı

İstenen gerilim ve akım değerlerini taşıması için evirgeç seri-paralel bağlı güç transistörleri kullanır.

Güç transistörleri, doğru çalışmayı emin kılmak için elektronik olarak sürekli izlenen gruplardan oluşur. Gruplar, daha önce anlatılan temel durdurma devresi ve aşırı gerilim koruma cihazları ile donatılmışlardır.

Denetim sistemi, evirgecin çıktı akımını gözler ve araç denetim biriminden talep edilen çekme gücüne tepki olarak denetler. Akım değişimi, daha önce DGM sistem için anlatıldığı gibi, evirgecin çıkış gerilimi değiştirilerek ayarlanır. Araç tekerleklerinden alınan takojeneratör geribeslemesi, slip frekansını denetlemek üzere, evirgeç frekansının değiştirilmesini sağlar.

Elektronik birim, ana denetleme işlevine ek olarak güç devresinden ve motor aşırı ısısı gibi diğer kritik bölgelerden alınan sinyalleri de izler. Bir arıza anında elektronik denetim evirgeci kapatır veya daha az kritik arızalarda durum düzelene kadar çıkış akımını azaltır. Arıza bölgesini belirlemek için bir işaret verilir.

Bakım

Kaplanan kısımlar, banliyö demiryollarında bulunan kötü çevrenin oluşturduğu kirlenmeyi engelleyerek, bakım gereksinimini azaltır. Sürekli bakım, kafes kaplamalarında oluşan hasarların görünen dış kısımlarına ve kesici ile kontaktörlere yapılır. Elektronik denetim, tüm güç devresi kontaklarının yüksüz anahtarlama olanağı vererek bu parçaların yıpranmasını minimuma düşürür.

Bir birim-içi parça arızasında dahili izleme, arızalanan parçayı, tüm arızaların %90'ından daha iyi belirler. Çözüm, arızalı parçayı değiştirmektir. Tüm güç devresi arızalarında bu, bütün güç yüzgeci değiştirilerek yapılır. Tasarım gelişmeleri, arıza belirleme oranını teşhis birimleri ile belirleme yönünde ilerlemektedir.

Koşullar

Tanım-tam rejeneratif, üç-faz transistörli DGM evirgeci

Giriş (d.a. beslemeli)

Nominal kaynak gerilimi: 600 V

Normal çalışma sahası: 540-660 V

Minimum çalışma gerilimi: 480 V

Maksimum çalışma gerilimi: 770 V

Tam anma akımını sağlayan minimum gerilim: 450 V

Tam anma akımını sağlayan maksimum gerilim: 720 V

Çıkış

Tam anma akımı: 450 A r.m.s

Çalışma çevrimi ortalama akımı: 335 A r.m.s.

Anma çıkış gerilimi: 415 V

Frekans çalışma sahası: 0-60 Hz.

ÖZET

AA asenkron motorun dahili karakteristiği, tahrik motorları için şehirçi demiryollarının gereksinimlerine uygundur. Büyük hacmi ve gereken evirgeç denetimi için yüksek maliyeti nedeniyle daha önce geniş kullanım alanı bulamamıştır.

Her ne kadar araç ve donanım teknolojisindeki sürekli ilerlemeler, AA sürücü sistemini daha cazip kılmaya başlamışsa da, yüksek-güç transistörleri yapılarına kadar bu durumda önemli değişiklik olmamıştır.

Yüksek-güç transistörleri, tristör-evirgeç donanımlarında çokça kullanılan komütasyon devrelerini gerektirmezler. Bu, tipik taşıma araçlarına monte edilebilecek, tamamen kapalı ve doğal soğutmalı evirgeç donanımının gerçekleştirilmesini kolaylaştırır. Güç ağırlık oranları 500 kVA/ton olan evirgeç paketleri yapılmıştır ve 700 kVA/ton hedefine de ulaşılacak üzeredir.

Transistor birimleri, tipik olarak tristörlerin iki-misli anahtarlama frekanslarında çalışarak, uygun motor akım dalgaşekilleri oluşturmak için DGM teknikleri kullanırlar. Küçük harmonik bozunumu, aa asenkron motor tasarımını kolaylaştırır ve verilen bir motor boyutu için çıkış maksimum yapar.

Toplam transistör-evirgeç verimliliği yüksektir, mevcut birimlerde tam anma akımında %95'ten daha iyidir. Klasik dönel asenkron motorlarla çalışan ikinci nesil araçların verimliliği %96 olacak ve %10 ağırlık cezası ile %97'de gerçekleştirilebilecektir. Bu değerler motor verimlilikleridir, tüm sistemin verimliliği, herhangi bir denetim kesikliği olmaksızın rejeneratif frenleme ile daha da iyileştirilebilecektir.

Güç transistorunun evirgeçlere sağladığı gelişmeler, daha önce tristörlerin kullanıldığı DA kıyıcılarına da uygulanmalıdır. Fakat burada tristör kıyıcısının kötü anahtarlama karakteristiklerinin ortaya çıkardığı bazı etkilere DA motor yükü daha az duyarlıdır. Buna rağmen transistörlerin, tristörlere daha tutarlı bir seçenek olmayacağı söylenemez.

Daha önce 400 kW 750 V'luk bir kıyıcı için yapılan tasarım, eşdeğer tristör kıyıcısının hacminin %65'i ve ağırlığının da %50'si oranında bir transistor kıyıcısı oluşturmuştur. Her iki çözümde de genel olan kaçınılmaz da. kesicileri ve çıkış kontaktörleri, toplam tasarruf yüzdesini düşürür fakat bu uygulamayla transistor çözümünün kazançları kanıtlanmıştır ve ilerdeki uygulamalar için transistor kıyıcı ünitesi düşünülmelidir.

GELECEK

Bu makalede anlatılan prototip transistörlü-evirgeç sürücüleri, avantajları kanıtlanmak üzere pratik uygulamaya sokulmak üzeredir. Tasarım çabaları, güvenilirliği artırmaya, bakım gereksinimini azaltmaya ve araç ağırlığı ile üretim maliyetini düşürmeye yönelmiş durumda. Aynı zamanda evirgecin boyutlarını küçültmek ve performansını iyileştirmek için transistor geliştirme çalışmaları da sürüyor.

Bugünlerde, transistorlu evirgeç sürücülerinin artan bir kabul göreceği ve gelecekte şehirçi demiryolu uygulamalarının sistemi olacağı planlanıyor.