

dev kazıcıların DA motorlarını süren tiristnrln çevirgeçler

yazan: KIdUS **Koopmann,**
Gerhard Lönne

çeviren: EÖİ Sezer

ÖZET

Tiristorla sürülen ilk dev kazıcı 1973 Sonbaharından beri çalışmaktadır. Tranzistorlu denetleyiciler ve tiristorlu çevirgeçlerin belli başlı üstünlükleri: oniki sürücü motorun verdiği momentin eşdeğeri ilığı, izin verilen en yüksek momentin duyarlı sınırlanması ve özellikle kazıcının sessiz çalışması olarak sıralanabilir. Yazıda armatür ve alan devrelerini besleyen tiristorlu çevirgeçlerin genel tasarım ilkeleri incelenmekte/adımsız alan akımıyla hız denetimi ve alan tersinimi ile gerilim denetimi kavramları tanıtılmaktadır.

UDK: 621.314.58:621.382.233-523.8:
621.313.2:621.879-181.2:629.11.012.57

SUMMARY

The first giant excavator with thyristor-fed track gear has been in service since the autumn of 1973. The main advantages of thyristor converters operating in conjunction with transistorized controllers are as follows: identical torque developed by all twelve driving motors, accurate limitation of the permitted maximum torque and particularly quiet running of the excavator. The article deals with general design aspects of the thyristor converters which supply the armature and field circuits and describes the concepts for speed control by stepless field current adjustment and for voltage control by field reversal.

Çevirgeç beslemeli (converter-fed) zincir sürücü motorlarla donatılmış ilk dev kazıcı 1973 sonbaharında Almanya'da Reinische Braunkohlenwerke açtığı madeninde çalışmaya başladı. Günde 100 000 m³ kazabilen 200 m uzunluğundaki kazıcının 8 800 tonluk ağırlığı, 12 kazıcı ve 3 yükleyici zinciri tarafından taşınıyor. Kazıcının her zinciri 130 kW, 1000 devir/dk'lık, kendi kendine soğutulan bir DA motoru tarafından sürülmektedir.

DA motorları, ikişer ikişer yada üçer üçer kümelendirilmiş olup, her küme ayrı bir çevirgeç tarafından beslenmektedir. Kapalı döngü denetim dizgesi (closed loop control system), bütün motorların dönme momentlerinin (tork) aynı düzeyde tutulmasını ve dönme momenti sınırlanmasının doğru bir biçimde sağlanmasını sağlar. Denetim dizgesi, 12 motorun gerçek hız yada gerilim değerinin ortalamasını eşdeğer bir hız değişkeni olarak kullanır, böylece kazıcının yumuşak hareket etmesi sağlanır. Aşışılalmış Ward-Leonard dizgeleri ile karşılaştırılınca, çevirgeçli sürücülerin öteki üstünlükleri de bakım gereksinimleri-

nin ve özellikle kazıcı hareketsiz durumda iken kayıpların çok az olmasıdır.

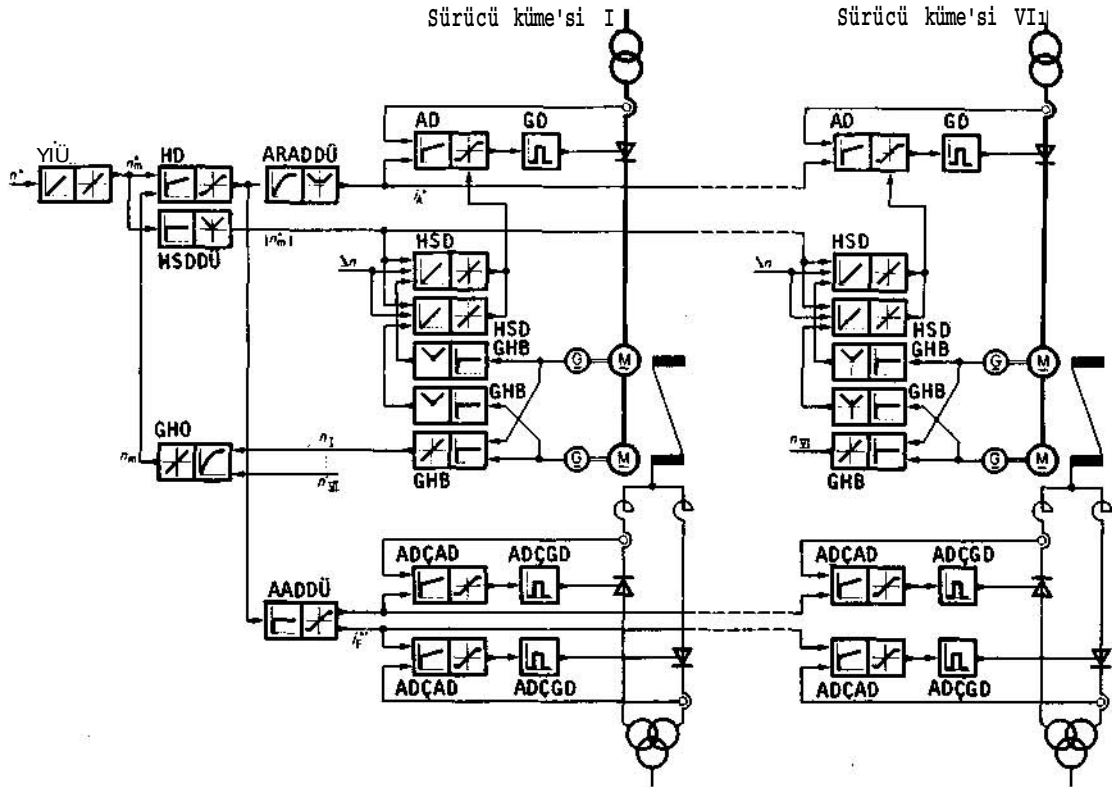
Aşışılalmış Ward-Leonard Dizgesi

Bugüne dek büyük kazıcıların zincirlerini süren DA motorları Ward-Leonard dizgeleriyle beslenmekteydi. 12 zincirli kazıcıların motorları, bakışimli (simetrik) zincirlerde dizi bağlı ikişer motordan oluşan 6 küme, ters bakışimli zincirlerde ise dizi bağlı üçer motordan 4 küme biçiminde sıralanıyor; bu kümeler bir baradan besleniyordu. Birçok durumda güvenilir bir kaynak sağlamak amacıyla barayı beslemek üzere iki bağımsız motor-gerenerator düzeneği kullanılıyordu. Motor hızları bara gerilimi değiştirilerek denetleniyordu.

Yükü motor kümeleri arasında eşit paylaşım için dizi armatür dirençleri kullanılıyordu. Bu ise, özellikle dönüşlerde sorunlar yaratıyordu. Armatür ve alan sargı dirençlerinin eşit olmaması (güneş ışınlarının etkisine ve ansal yüke bağlı olması), doğrusal olmayan armatür tepkisi (armatüre reaction) ve motor kümelerinin toplam gerilimlerinin farklı olması, akım tüketiminin büyük farklılıklar göstermesine neden oluyordu.

Klaus Koopmann ve Gerhard Lönne, Siemens AG.

Erol Sezer, Asst., OÖİÜ



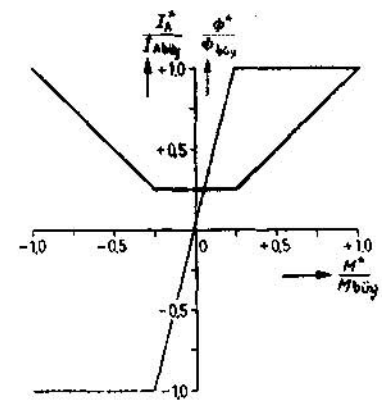
YÜ	Yokuş işlevi üretici	ADÇGD	Alan devresi çevirgecinin geçit denetleci
HD	Hız denetleci	n*	Hız dayanak değeri
ARADDÜ	Armatür akımı için dayanak değeri üretici	$\frac{n^*}{m}$	Ortalama hız dayanak değeri
AD	Akım denetleci	$\frac{n^*}{m}$	Ortalama gerçek hız
GD	Geçit denetleci	$\frac{n^*}{m} \cdot \frac{m}{i^*} \cdot \frac{v_i}{v}$	Sürücü kümelerin ortalama hızları
GHO	Gerçek hız ortalayıcısı	An	Hız denetim bölgesi
GHB	Gerçek hız birimi	$i^* A$	Armatür akımı dayanak değeri
HSDDÜ	Hız sınırlama denetleci için dayanak değeri üretici	$i^* A$	Alan akımı dayanak değeri
HSD	Hız sınırlama denetleci	t	
AADDÜ	Alan akımı için dayanak değeri üretici		
ADÇAD	Alan devresi çevirgecinin akım denetleci		

Şekil 1. Adımsız alan tersinimi ile hız denetim devresi.

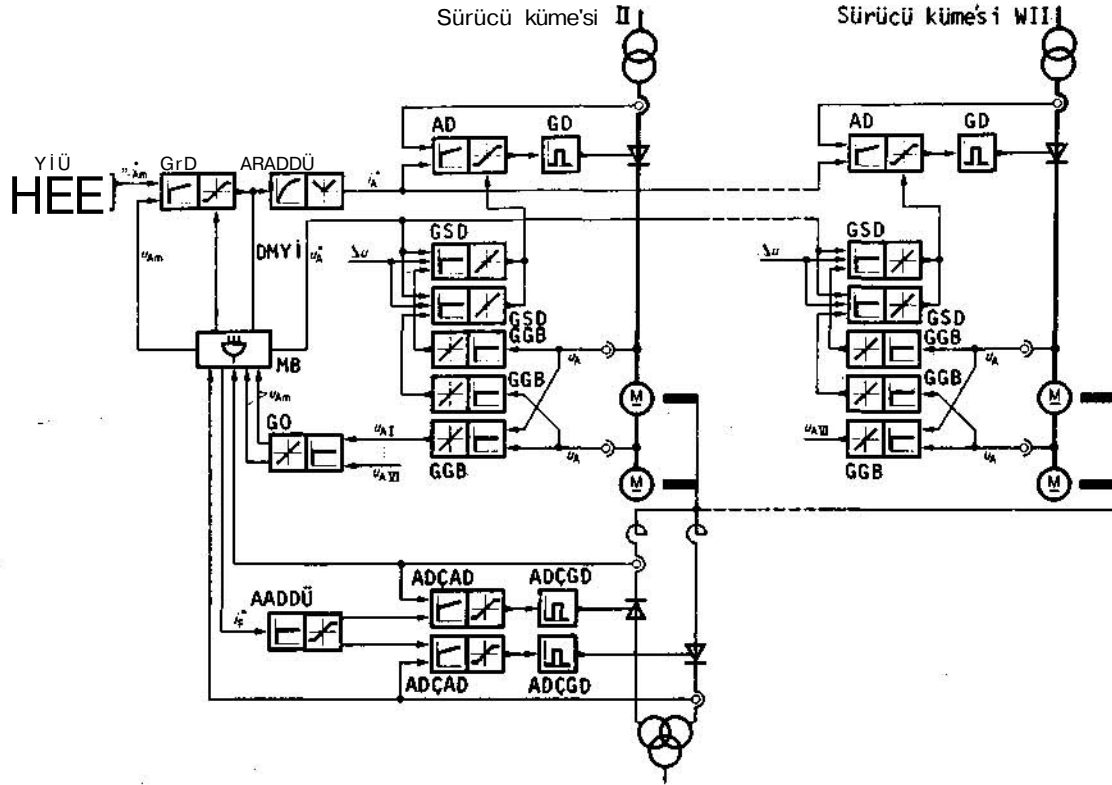
Bu sorunların üstesinden gelinmesi için en uygun düzenleme tüm motorların dizi bağlanması idi. Bu durumda, toplam gerilim pratik olarak değişmez tutulabileceğinden, dönüşlerde bile motorların aynı akımı çekmeleri ve kazıcının ortalama hızının değişmez tutulması sağlanacaktı. Bu çözümün, tümüyle kuramsal olduğu açıktır. Bir eksen kırılması, yada bir zincirin kayması durumunda, gerilim bölüşümünü denetleme olanağı kalmayacağından kazıcının hareketinin durdurulması gerekecektir.

Armatür ve Alan Devrelerinin Duruk Çevirgeçlerle Beslenmesi

Duruk çevirgeçlerin (static converters), tranzistorlu denetleçlerin ve ayrı ayrı beslenen motor kümelerinin kullanılması, bütün motorların dizi bağlanmasıyla elde edilecek üstünlükleri sağladığı gibi bu düzenlemenin sakıncalarını da ortadan



Şekil 2. Dayanak değeri üreteçlerinin giriş-çıkış eğrileri.



YİÜ Yokuş işlevi üretici
GrD Gerilim denetleci
ARADDÜ Armatür akımı için dayanak değeri üretici
AD Akım denetleci
GD Geçit denetleci
GO Gerilim ortalayıcısı
GGB Gerçek gerilim birimi
GSD Gerilim sınırlama denetleci
AADDÜ Alan akımı için dayanak değeri üretici
ADCAD Alan devresi çevirgecinin akım denetleci
ADÇGD Alan devresi çevirgecinin geçit denetleci
MB Mantık birimi
CUYİ Dönme momenti yön imi

u^* Gerilim dayanak değeri
 u_{Am}^* Ortalama armatür akımı dayanak değeri
 $u_{Al}^* - u_{AVI}$ Sürücü kümelerinin ortalama endüvi akımları
 u_A Gerçek motor gerilimi
 u_A Gerilim sınır bölgesi
 i_A^* Akım dayanak değeri
 i_F^* Alan devresi çevirgeçleri akım denetleçlerinin akım dayanak değeri
 u_A^* Gerilim sınır denetleci dayanak değeri

Şekil 3. Normal alan ters in imi ile gerilim düzenleme devresi.

kaldırmaktadır. Bir zincir kayması yada eksen kırılması durumunda yalnız o zinciri süren motor kümesi devreden çıkarılmakta, kapalı döngü denetim, bu kümenin devreden çıkmasının yaratacağı dönme momenti kaybının öteki kümelerce özdevimsel (otomatik) olarak karşılanmasını sağlamaktadır. Küme sayısı, kümelerden birinin devreden çıkması durumunda çalışmanın sürekliliği aksamayacak biçimde, motorların aşırı yük sığıları da (*overload capacity*) buna uygun olarak seçilmiştir.

Kazıcının en yüksek hızı 10 m/dk ve bu hıza ulaşmak için geçen süre en az 6 sn olduğundan, kapalı döngü denetim dizgesinin davranışının çok titizlikle belirlenmesi gerekli değildir. Masrafı azaltmak için, motorları sürmek üzere alan tersinimi (*field reversal*) için tasarılan iki-çeyreklik

çevirgeçler kullanılmış; tiristorlar en yüksek motor akımını sürekli taşıyabilecek büyüklükte seçilmiştir.

Alan devreleri tersinir (*reversible*) çevirgeçlerle beslenmektedir. Alan akımı denetim devresinin yalın olması için çapraz bağlantı kullanılmıştır. Her motor kümesi için ayrı bir alan devresi çevirgeci kullanılarak yüksek güvenilirlik sağlanmıştır.

Adırsız Alan Tersinimi ile Hız Denetimi

Kapalı döngü denetim dizgesi Şekil 1'de görülmektedir. SMADIN C birimlerinden oluşan dizge, bir yokuş işlevi üretici (*ramp function generator*), hız denetim döngüsü, içsel armatür akımı ve alan

akımı denetim döngüleri ve hız sınırlama döngülerini içerir.

Yokuş işlevi üretici (YİÜ), hız dayanak değerini (n^*), hız denetlecine (HD) iletir. Dizgede geribesleme değişkeni olarak motorların gerçek hızlarının ortalaması, n_n , kullanılır. Böylece, kazancının hareketinin düzgünlüğü ve dönüşlerde hızının değişmemesi sağlanır. Her motorun hızı bağlı bulunduğu zincirin dönüş yarıçapına ve zincir dişlisinin açılmal konumuna bağlı olarak, kendi kendine ayarlanır. Bir motor kümesi devreden çıkarsa, geribesleme değişkeni uygun bir biçimde düzeltilir.

Hız denetlecinin çıkış iminin (sinyalinin) büyüklüğü ve işareti tüm motorlardan istenen toplam dönme momentinin bir ölçüsüdür ve armatür akımı ve manyetik akı için dayanak imi olarak kullanılır. Adımsız alan tersinimi için izlenen bu yöntemin özelliği, dönme momenti denetim bölgesinde armatür akımı yada manyetik akıdan yalnız birinin değiştirilmesidir. Hız denetlecinin çıkışının belirlenmiş bir sınırın altında kaldığı hızlarda armatür akımı değişmez tutulur, dönme momentinin büyüklüğü ve yönü akı değişimi ile denetlenir. Bu sınır değerinin üstündeki hızlarda ise, dönme momenti armatür akımı değiştirilerek denetlenir. Bu yöntemde, dönme momenti değişim bölgesinde dizge parametreleri değişmediğinden, hız denetleci için özdevimsel bir uyarılama (adaptasyon) gerekmez.

Hız denetlecinin çıkışı armatür akımı için dayanak değeri üreticisine (ARADDÜ) ve alan akımı için dayanak değeri üreticisine (AADDÜ) iletilir.

AADDÜ, daha önce sözü edilen sınır değerini de gözönüne alarak, HD çıkışının salt değerini alır ve armatür denetim devresini alan denetim devresinin davranışına uydurur. ARADDÜ çıkış gerilimi armatür çevirgeç kümelerini besleyen baraya verilir. Böylece, tüm motorların armatür akımları belirli bir sınır değerinin altında ve aynı düzeyde tutulur.

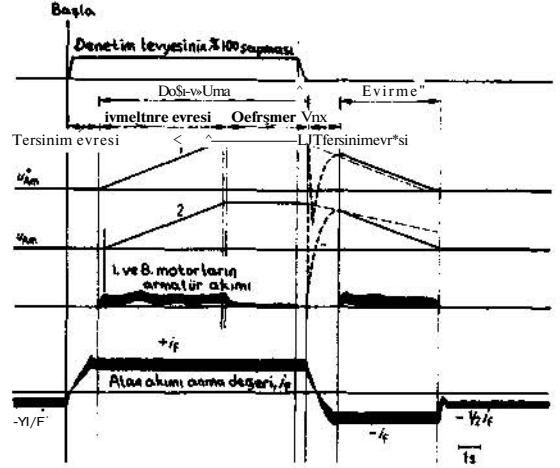
Çapraz bağlı alan devresi çevirgeçleri için ters işaretli iki AADDÜ çıkışı gereklidir. Bu çıkış imleri, alan devresi çevirgeçleri için dayanak değerlerini oluştururlar. Böylece, tüm motorların alan akımları aynı düzeyde tutulur. Alan denetim devresi, $\langle J \rangle \langle f \rangle (JE)$ akı bağıntısından hareketle, akının dolaylı olarak denetimini sağlar.

Dayanak değeri üreticilerinin (ARADDÜ ve AADDÜ) giriş-çıkış eğrileri Şekil 2'de görülmektedir.

Her motor için, zincir kayması yada eksen kırılması durumlarında motor hızını belirli bir değerin altında tutabilmek için bir hız sınırlama denetleci, HSD, kullanılmıştır. Sınırlama işlevi, önceden belirlenmiş $n_n + \Delta n$ hız bölgesinde etkin değildir. Hızın yükselmesi durumunda HSD, akım denetleci yoluyla ilgili motorun armatür akımını ayarlar, böylece hızın daha çok artmasını önler.

Normal Alan Tersinimi ile Gerilim Düzenlemesi

Şekil 3'den de görüldüğü gibi, bu dizgede gerçek hız değerinin elde edilmesinde takogeneratör kullanılmamıştır. Bundan önceki bölümde açıklanan adamsız alan tersinimi ile hız denetleme yerine,



1 Ortalama armatür gerilimi dayanak değeri
2 Ortalama gerçek armatür gerilimi

Şekil 4. Tersinim işleminin salınım diyagramı.

bu dizge, normal alan tersinimi ile motor gerilimini düzenleyerek hızı denetler.

Gerçek motor gerilimi, u^a , DA gerilim dönüştürgeçleri (d.c. potential transformer) ile belirlenir ve gerçek hız değerine eşdeğer bir değişken olarak kullanılır, öte yandan, denetlenen değişken, alan tersinimi sonucu, tersinim evresinde ve bunu izleyen dönemde işaret değiştirdiğinden, u_a değeri alan tersinim devresine doğrudan uygulanamaz, örneğin, hız/dönme momenti diyagramının birinci çeyreğinde çalışmaya başlandığında, ikinci çeyreğe geçerken alan akımının ve gerilim iminin işaretleri değiştirilmelidir.

Bu ve benzeri işler, denetim dizgesinin ana ögesi olan mantık birimi, MB, tarafından görülür. Mantık birimi, her iki yönde alan akımları için, akım denetim döngülerinin dayanak değerlerini saptar.

Gerilim denetleci giriş imi, u^a_m , büyüklük ve işaretleri ayrı ayrı akım dönüştürgeçlerinden elde edilen 12 değerden ($u^a_1 - u^a_{12}$) oluşturulur. "Am" nuntık birimine, gerilim ortalayıcısı tarafından iletilir.

Mantık birimi tarafından denetlenen bir tersinim işlemi süresince alınan salınım çizgesi, Şekil 4'de görülmektedir. Mantık biriminin, daha önceki dönme momenti yönüne uygun olarak duruş süresince koruduğu Z 50 oranındaki uyarılma değerinden başlayarak, denetleç tarafından belirlenen yeni dönme momenti yönüne bağlı olarak artı yönde bir alan akımı oluşturulmuştur. Tersinim evresinde, yokuş işlevi üretici, henüz sıfırda olan u^a değerine sürülmüştür. Tersinim işlemi sonunda, ivmelerime aşamasına geçilmiştir. Değişmez hızda bir süre yol aldıktan sonra da, sürücünün denetim levyesini sıfıra getirmesiyle, dönme momenti yönü ters çevrilmiştir. Bu durumda, mantık birimi alan devresini ters çevirmiş ve tersinim evresinde dayanak değerini düzeltmiştir. Durduktan sonra da alan akımı mantık birimi tarafından Z 50 değere getirilmiştir.