

EVİRİCİLİ VE EVİRİCİSİZ MERMER KESME İŞLEMİNİN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜZERİNE ETKİSİ

Mustafa DUSUN ve Hasan ÇİMEN*

Elektrik Eğitimi Böl., Teknik Eğitim Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Konuralp Yerleşkesi, Düzce

** Elektrik Eğitimi Böl., Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Gazlıgöl Yolu, Afyonkarahisar
mustafadursun@duzce.edu.tr, hcimen@aku.edu.tr

(Geliş/Received: 21.05.2009 ; Kabul/Accepted: 25.01.2010)

ÖZET

Bu çalışmada, mermer kesme makinelerindeki elektrik enerji sarfiyatının azaltılması için bir evirici uygulaması yapılmıştır. Uygulamada kullanılan eviricinin kontrol parametresi sabit tutulmuş ve frekans parametresi değiştirilerek enerji tüketim miktarları karşılaştırılmıştır. Eviricide kontrol tekniği olarak açık döngü V/f kontrol metodu seçilmiştir. Devir sayısının değiştirilmesiyle aktif, reaktif ve spesifik enerjide değişimler meydana gelmiştir. Ayrıca deneyler eviricisiz olarak yapılarak iki durum arasındaki farklar gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar ışığı altında mermer kesme makinesinde daha az enerji tüketimi için en uygun kesme aralığı deneysel olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mermer kesme makinesi, evirici, parametre, açık döngü V/f kontrol.

THE EFFECT OF MARBLE CUTTING PROCESS WITH AND WITHOUT INVERTER ON ELECTRIC ENERGY

ABSTRACT

In this study, an inverter application was made in order to reduce the consumption of electrical energy in the marble cutting machines. The control parameter of the inverter was kept constant and amount of energy consumption were compared by changing of frequency parameters. Open loop V/f control technique was chosen as control method on the inverter. In active, reactive and specific energy occurred variations with changing of speed ratio. Also the experiments were done without inverter and the differences between two cases were investigated. In the light of these results the most efficient cutting range for consuming less energy in marble cutting machines was determined.

Keywords: Marble cutting machine, inverter, parameter, open loop V/f control.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Eski çağlardan beri mermer, önemli bir yapı ve süsleme malzemesi olarak kullanılmıştır. Yeterince sağlam olması, cazip renk ve desenler göstermesi, kullanışlı olması gibi nedenlerden dolayı mermer, yapı ve süsleme malzemesi olarak tercih edilmektedir. Mermer ocaklarından elde edilen blokların insanların hizmetine sunulması için bazı aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Mermer bloklarının, son ürün elde edilmesi için işlendiği yerler olan mermer işleme tesislerinde amaç, mümkün olan en düşük maliyetle piyasa tarafından ihtiyaç duyulan miktarda ürünün üretilmesinin sağlanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda mermer işleme

tesislerinde verimli bir biçimde işlemlerin sürdürülmesi gerekmektedir. Mevcut makinelerin bilinçli ve verimli kullanımları, mevcut mermer işleme tesislerinin hem verimliliklerini artıracak hem de üretim maliyetlerini düşürecektir [1]. S/T (Stripper ve trimmer) dilimleyerek ayırmak ve keserek ayırmak anlamına gelen kelimelerin baş harfleri ile kullanılan mermer kesme makinesinde mermer kesimi yapılırken enerji sarfiyatı önemli bir etkidir. Dolayısıyla elektrik sarfiyatının işletmeye çok fazla yük olamaması için bu etkenin çok iyi ayarlanması gerekir. Bu ayarı yaparken kesme hızı, testere dönüş hızı, mermerin cinsi, su miktarı, kontrol yöntemi gibi birçok değişken vardır. Bunları en optimum şekilde ayarlamak

gerekmektedir [2]. Bunların hepsinin incelenmesi yüzlerce deney ve çok fazla zaman alacağından bugüne kadar incelenmiş deneylerin yanı sıra kontrol yöntemini değiştirerek kesimin enerji harcamadaki etkisinin incelenmesi uygun görülmüştür. ST makineleri ile mermer bloklarının kesim karakteristiklerinin analizi üzerine, birebir işletme boyutunda araştırma çalışmalarına literatürde çok fazla rastlanılmamaktadır. Genellikle, literatürde yer alan bilgi ve bulgular, laboratuvar boyutlu küçük diskli kesme makineleri (baş kesme ve/veya yan kesme makineleri) ile farklı tür mermer blok örneklerine ait kesim karakteristikleri üzerine yapılmış çalışmalardır [3]. Mermer blok örneklerine ait kesim çalışmalarından birinde dairesel testerele bir mermer makinesinde gri granitin kesimi için farklı çalışma koşullarında kesme kuvvetleri ve enerjisinin değişimi incelenmiştir. Kuvvet ve kesim gücü ölçümlerini bilgisayar ortamına aktarılmış ve verileri işlemek için Matlab yazılımı kullanılmıştır [4]. Aynı deney düzeneği ile bu kez kesme sırasında oluşan ısıyı da ölçmek üzere deney düzeneğine sıcaklık ölçer ilave edilmiştir. Yüzey sıcaklığının da tıpkı kesme enerjisi ve kuvvetleri gibi kesimde atılan malzeme miktarı ile orantılı olduğu görülmüştür [5]. Çeşitli yük ve hız durumlarında yapılan çalışmada indüksiyon motor sürücü işleminin verimini artırmak için bulanık tabanlı bir enerji optimizasyon kontrol edici incelenmiştir. Enerji optimize edici, verimli optimize işlemi süresince sabit motor hızını korumak için motor mil devrini kontrol eden hız kontrol edicilerinden oluşan bulanık mantık tabanlı algılayıcıdır. Verimli kazançlar elde etmek için kontrol edicilerle deneysel bir test sisteminde, değişik güçte seçilen motorlarla deneyler yapılmış sonuçta %12 den yüksek verimli kazançlar elde edilmiştir [6]. Tamamen bilgisayar kontrollü bir deney düzeneği ile kesim sırasında mermerdeki kuvvetlerin incelendiği bir çalışmada harcanan enerji hesaplanmıştır. Farklı tipte mermer kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada iki farklı parametreye göre kesim enerjisi incelenmiştir. Çalışmaları yedi farklı mermer üzerinde yapan ekip mermerlerin tamamında benzer değişimler olduğunu görmüştür [8]. E sınıfı eviricilerin temel topolojisi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada evirici parametrelerinin karakteristikleri üzerine etkisi analiz edilmiştir. Verim ve giriş direncinin değişiminin anahtarlama frekansı, rezonans endüktansı ve yük direncinin bir fonksiyonu olduğu tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçların lineer olmayan ve değişen yük uygulamalarında çok önemli olan kontrol devreleri için kullanılabilceği ortaya koyulmuştur [9]. PWM kontrollü çevirici ile beslenen çekme motorunun artan kayıpları üzerine evirici karakteristiklerinin etkisinin incelendiği bir çalışmada MATLAB kullanarak AC-DC-AC eşitlik modeli Sinüzoidal PWM (SPWM)'in prensipleri üzerine kurulmuştur. Özellikle modülasyon indeksi, pals ve anahtarlama frekansının süresini artırma gibi parametrelerin etkisi üzerine durulmuştur. Sonuç olarak çekme motoru için yüksek anahtarlama frekanslarında düşük harmoniklerin oluştuğu ortaya

çıkmıştır [10]. Mermer üretim tesislerinde enerji sarfiyatları çok önemli yer tutmakta ve gider tablolarında büyük bir pay almaktadır. Bu nedenle enerji tasarrufu önlemleri gündemin ilk sıralarında yerini almaktadır. Endüstrideki yapılmış olan eski sistemi revize ederek, yeni teknolojik gelişmeleri kullanarak birçok sistemde enerji tasarrufu yapılabilir. Ancak yapılmasında sorunlarla karşılaşmakta, yatırım ilk bakışta boşa para harcanacak yer olarak gözükmemektedir. Oysa uzun süreli düşünüldüğünde yatırım bedeli geriye fazlasıyla dönmektedir. Ömrünü tamamlamış olan mekanik sistemler küçük bir otomasyon sistemi ile yenilediğinde sistem daha verimli çalışacak ve daha az elektrik enerjisi tüketecektir. Böyle bir sistem hem işgücü kazandıracak hem de üretimi artırma olanağına sahip olma şansı verecektir [11].

Mermer sanayisinde kesme motorları büyük güçte olduklarından maliyetleri sebebiyle evirici kullanılmamaktadır. Mermer kesme motorlarında evirici kullanımının enerji tüketimine olan etkisinin anlaşılması için bu çalışma yapılmıştır. Kontrol yöntemi olarak açık döngü V/f kontrol metodu seçilerek yapılacak kesim işlemlerinde Uşak yeşil mermeri adında mermer kullanılmış ve kesme derinliği (V_k) sabit tutularak, testere dönüş hızı (V_d) ile ilerleme hızı değiştirilerek aktif güç, reaktif güç, tüketilen enerji ve spesifik enerji tüketimi incelenmiştir.

2. S/T MERMER KESME MAKİNESİ (S/T MARBLE CUTTING MACHINE)

Makine üzerinde bulunan iki testere ile dilimleme ve kesme işlemleri yapılmaktadır. Dilimleme düşey testere ile yapılırken kesme yatay testere tarafından gerçekleştirilmektedir. Şekil 1'de görülen makinede testere taşıyan platform iki boyutta hareket etmektedir. Platformun ileri-geri hareketi ile kesme ilerlemesi ve yukarı-aşağı hareketiyle kesme derinliği değişmektedir. Dilim kalınlıkları ise kesilecek mermeri taşıyan vagonun öne-arkaya hareketi ile değiştirilebilmektedir [7].



Şekil 1. S/T mermer kesme makinesi (S/T marble cutting machine)

2.1. Yazılım Ara Yüzü (Software Interface)

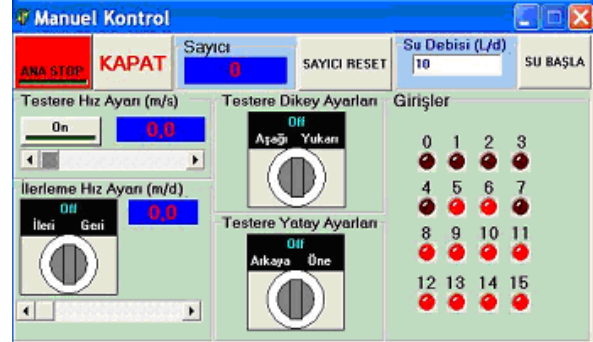
Şekil 2’de görülen “Mermer Test Programı” ana penceresi üzerinde dokuz buton bulunmaktadır. “BAŞLA”, “ANA STOP”, “PROGRAM”, “RESET”, “MANUEL”, “VERİLER”, “ANALİZÖR”, “ANALİZÖR AYAR” ve “ÇIKIŞ” butonları bulunmaktadır. Ancak burada “PROGRAM” “RESET” ve “MANUEL” butonları aktif halde değildir. Bu butonlar pano üzerindeki start butonuna basınca aktif hale gelmektedir.

Pencerde butonların alt kısmında kesme sırasında kayaca etkiyen kuvvetler, testere dönüş hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği, tüketilen enerji, güç, gürültü, titreşim hızı, su debisi, testere sıcaklığı ve makinenin otomasyon durumunu gözlemek için etiketler kullanılmıştır. Çizelgenin altında yer alan bölümde çevresel hız, ilerleme hızı, kesme derinliği, kesme genişliği, testere çapı ve su debisi değerlerinin girildiği metin kutuları bulunmaktadır.

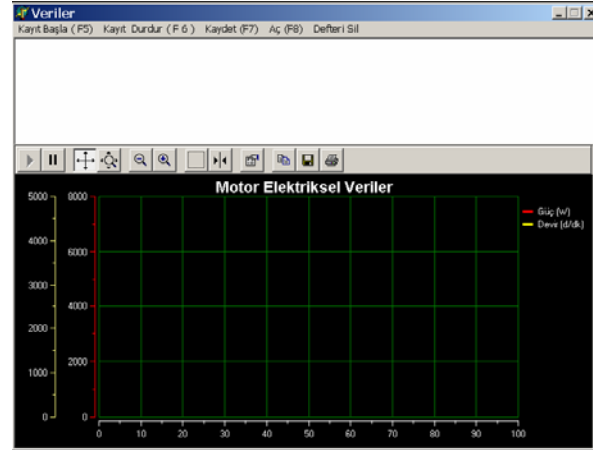
Ayrıca en alt kısımda yer alan eviricisiz kesim bölümü vardır. Bu bölüm işaretlendiğinde sistem mermeri inverter kullanmadan kesmektedir.

Şekil 3’de verilen “Manuel Kontrol” alt program penceresi üzerinde farklı tipte butonlar bulunmaktadır. “ANA STOP”, “KAPAT”, ve testere “ON” butonları bulunmaktadır. Ayrıca ilerleme hız ayarı, testere dikey ayarı ve testere yatay ayarı düğmeleri bulunmaktadır. Bu butonlar istenilen yöne göre tıklanıldığında pozisyon numaraları değişmektedir. Dijital girişlerin lojik durumlarını göstermek içinde LED’ler kullanılmıştır.

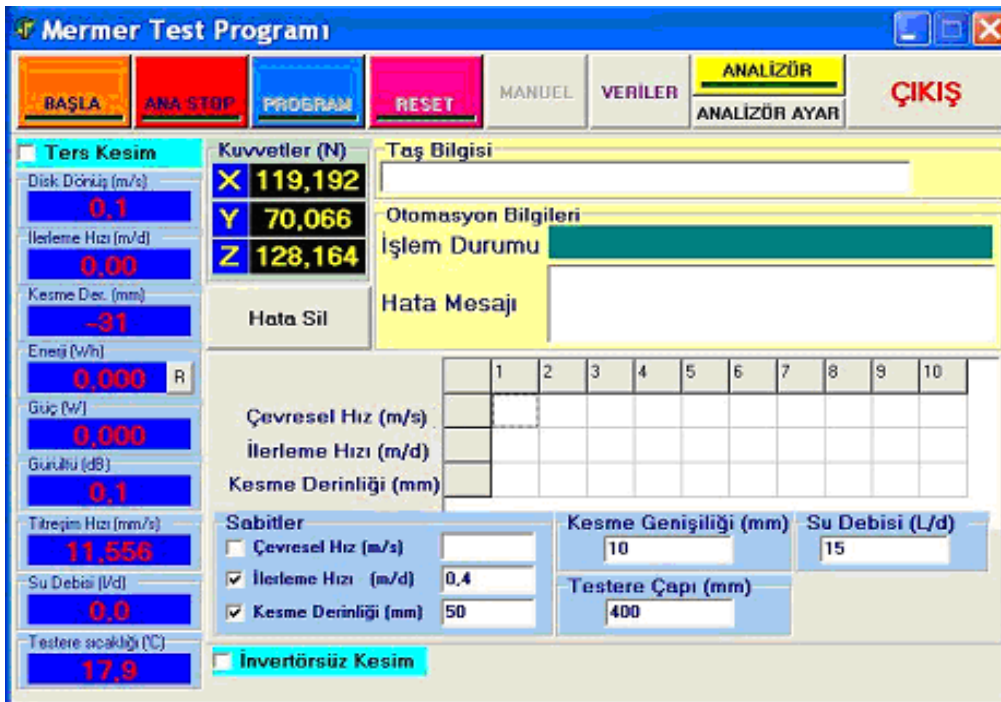
Şekil 4’de verilen “Veriler” alt program penceresi üzerinde farklı eğriler çizmek için grafik alanı ve verilerin gösteriminde kullanılan metin kutusu bulunmaktadır. Pencere üzerinde kayıt başlatmak ve dur-



Şekil 3. Yazılım manuel kontrol ara yüzü (Software manual control interface)



Şekil 4. Yazılım elektriksel veriler ara yüzü (Software electrical data interface)



Şekil 2. Yazılım ara yüzü (Software interface)

durmak için “Kayıt Başla” ve “Kayıt Durdur” menü butonları bulunmaktadır. Bu menü butonlarına kayıt başlatma ve durdurma işlemlerini pratikleştirmek için F5 ve F6 kısa yol tuşları atanmıştır. Bunlardan başka pencere üzerinde önceden kaydedilmiş bir dosyayı açmak için “Aç (F8)”, toplanan verileri belirtilen konumdaki dosyaya kaydetmek için “Kaydet (F7)” ve metin kutusuna yazılan verileri silmek için “Defteri Sil” menü butonları bulunmaktadır.

3. EVİRİCİ (INVERTER)

Şekil 5'de deneylerde kullanılan 11kW 400V'luk evirici resmi görülmektedir. Asenkron motorlarda hız



Şekil 5. Testere evirici (Saw inverter)

ayarını yapmak için birkaç farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler sırasıyla; stator geriliminin genliği değiştirmek, bilezikli asenkron motorlarda rotor devresi direncini değiştirmek ve stator geriliminin frekansını değiştirilmiştir. Birinci ve ikinci yöntem hız ayarı için kullanılmakla birlikte elde edilen hız ayarı çok geniş aralıklarda olmadığından fazla tercih edilmemektedir. Üçüncü yöntem ise geniş bir aralıkta hız ayarı yapılabilirdiği için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Stator geriliminin frekansını evirici denilen hız kontrol cihazları ile gerçekleştirilmektedir. Eviriciler sayesinde asenkron motorların hız ayarını istenilen aralıkta yapılabilir. Eviriciler, prensip olarak öncelikle AC gerilimi doğrultup DC gerilime çevirmekte sonra elde edilen DC gerilimden motoru beslemek için istenilen frekans ve genlikte AC bir gerilim elde edilmektedir [7].

3.1. Açık Döngü V/F Kontrol (Open-Loop V/F Control)

Şekil 6'da V/f hız kontrol metodunun blok diyagramı görülmektedir. Burada V_0 artırıcı gerilimi, ω_c frekansını ilk kontrol değişkenini, ω_{sl} küçük kayma frekansını, V_s faz gerilimini, G kazanç faktörünü ve DB (dynamic break) dinamik freni ifade etmektedir. Güç devresi tek fazlı veya üç fazlı AC kaynak, LC filtre ve PWM gerilim beslemeli evirici ile bir diyot doğrultucudan oluşmaktadır. İdeal olarak kontrol için geri besleme sinyali ihtiyacı yoktur, çünkü makinenin küçük kayma frekansını ω_{sl} 'i ihmal edersek yaklaşık olarak ω_r hızına eşittir. Faz gerilimi V_s şeklinde gösterildiği gibi

G kazanç faktörüyle frekans girişinden üretilir, böylece ψ_s akısı sabit kalır. Makinenin stator direnci ve kaçak indüktansı ihmal edilirse, akı ψ_m hava aralığı akısına veya ψ_r rotor akısına eşit olacaktır. Frekans düşük hızlarda küçük olduğundan, stator direnci üzerine stator geriliminin büyük kısmı düşecektir, böylece akı zayıflayacaktır. Artırıcı gerilim V_0 eklenir ve böylece nominal akı ve karşılık gelen tam momentin sıfır hıza düşmesi sağlanmış olur. Dikkat edilirse artırıcı gerilimin etkisi yüksek frekanslarda ihmal edilebilir. ω_c sinyali θ_c açısını oluşturmak için entegre ediliyor ve uygun sinüzoidal faz gerilimleri (V_a , V_b , ve V_c sinyalleri) şekilde gösterilen ifadelerle oluşturuluyor [13].

Açık çevrim kontrolde şebeke gerilimindeki dalgalanmalar, evirici çıkış gerilimine de yansıyor hava aralığı akısında dalgalanmalara neden olup, moment ve hız salınımları yaratabilmektedir. Yine açık çevrim kontrolde motorun yük alma ve yük atma durumlarında hızının değişmesi engellenemez. Bu tip sakıncaların önüne geçmek için kapalı çevrim kontrollü sürücüler oluşturulmaktadır [12]. Ancak deney seti kapalı çevrim kontrol için uygun olmadığı için deneyler açık çevrim olarak yapılmıştır.

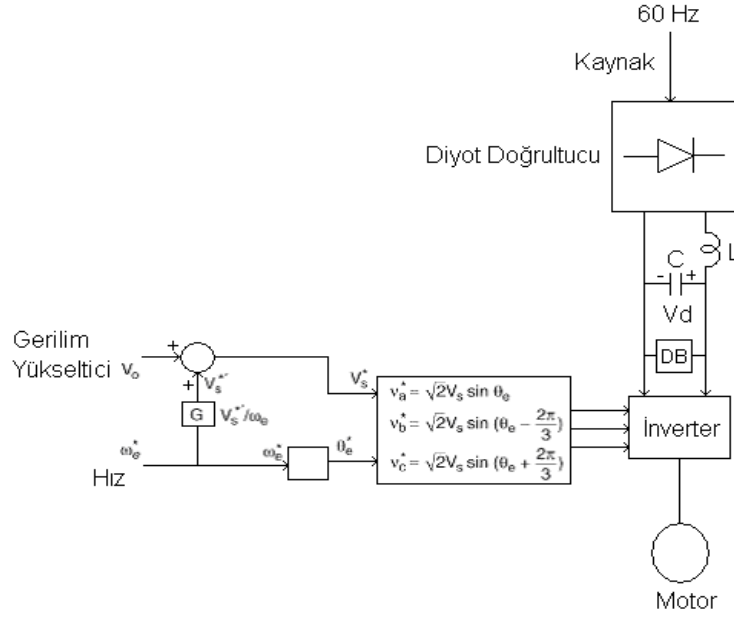
3.2. Spesifik Enerji (Specific Energy)

Spesifik kesme enerjisi birim hacimdeki kayacı kesmek için ihtiyaç duyulan enerji miktarı veya kayadan yeni bir yüzey açma olarak tanımlanır ve birimi W/mm^3 dür. Etkili ve verimli bir kesmenin yapılabilmesi için kesme hızının maksimum ve spesifik kesme enerjinin minimum olduğu nokta veya belirli bir aralık olmasına bağlıdır. Bu değer veya aralık, kesme işleminin en ekonomik olduğu durumdur. Bu nedenle, spesifik enerji kesme verimliliğinin bir ölçüsü ve kriteridir. Spesifik kesme enerjisi optimizasyonu kesme derinliği, kesme hızı, motor kapasitesi, testerenin geometrik özellikleri ile çalışma parametreleri, kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri gibi faktörler tarafından etkilenmektedir [15].

4. DENEYLER (EXPERIMENTS)

Kullanılan testere eviricide 3 adet kontrol yöntemi vardır. Bunlar açık döngü (V/f) kontrol, Vektörel kontrol ve kapalı döngü (V/f) kontroldür. Deneylerde açık döngü V/f kontrol yöntemlerinin kullanılması uygun görülmüştür. Çünkü diğer kontrol yöntemleri için sistem uygun olmadığından uygulama açık döngü V/f kontrol olarak yapılmıştır.

Yapılacak kesim işlemlerinde Uşak yeşil mermeri adında mermer kullanılmış ve mermer uzunluğu 50 cm ve kesme derinliği ($V_k = 50$ mm) sabit tutularak, testere dönüş hızı ($V_d = 2389-2627-2866$ d/d.) aralıklarında ve kesme hızı 0,5-0,6-0,7 m/d. hızlarında ayarlanarak aktif güç ve spesifik enerji tüketimi incelenmiştir. Ayrıca bir kısım deneyler evirici kullanmadan



Şekil 6. Gerilim beslemeli açık döngü V/F hız kontrolü (Open loop V/F speed control with voltage feeding) [13]

sabit 2866 d/d. testere dönüş hızında ve yine 0,5-0,6-0,7 m/d. kesme hızlarında yapılmış ve deneylerden alınan sonuçlar Tablo 1’de eviricili kesme parametreleri, Tablo 2’de eviricisiz kesme parametreleri ve son olarak Tablo 3’de aktif ve reaktif enerjide elde edilen kar oranları şeklinde verilerek karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan deneyler de aktif ve reaktif enerji miktarları her 0,25 s. de bir alınan güç miktarları ile çarpılarak daha sonra genel toplamın 3600’e bölünmesi ile saat cinsinden hesaplanmıştır [7]. Tablo 4’de

uygulama ile ilgili örnek bir hesaplama verilmiştir.

$$E_{\text{Toplam1}} = \int_0^T P(t).dt \quad (1)$$

$$E_{\text{Toplam2}} = \int_0^T Q(t).dt \quad (2)$$

$$\text{Aktif Enerji} = 3711,539 / 3600 = 1,030 \text{ Wh}$$

Tablo 1. Eviricili kesme parametreleri (Cutting parameters with inverter)

Deney	Kesme derinliği [mm]	İlerleme hızı [m/d]	Testere Dönüş hızı [d/d]	Geçen Süre (s)	Aktif Güç [W]	Spesifik Enerji [W/mm ³]	Aktif Enerji [Wh]	Reaktif Enerji [VARh]
Açık Döngü V/f Kontrol Energy Saving (Enerji Tasarrufu) Modu	50	0,5	2389	65	3166,035	2,702	56,291	68,569 (end)
	50	0,5	2627	65	3234,542	2,760	58,351	69,660 (end)
	50	0,5	2866	65	3326,199	2,883	60,303	73,325 (end)
	50	0,6	2389	54	3370,187	2,427	50,513	60,160 (end)
	50	0,6	2627	54	3539,451	2,548	53,380	65,108 (end)
	50	0,6	2866	54	3765,298	2,711	57,265	67,573 (end)
	50	0,7	2389	47	3774,647	2,365	49,618	57,869 (end)
	50	0,7	2627	47	3932,82	2,465	51,927	61,356 (end)
	50	0,7	2866	47	4134,165	2,591	54,355	62,894 (end)

Tablo 2. Eviricisiz kesme parametreleri (Cutting parameters without inverter)

Kesme derinliği [mm]	İlerleme hızı [m/dk]	Testere Dönüş hızı [d/d]	Geçen Süre (s)	Aktif Güç [W]	Spesifik Enerji [W/mm ³]	Aktif Enerji [Wh]	Reaktif Enerji [VARh]
50	0,5	2866	65	3494,857	3,029	64,335	66,472 (Kap)
50	0,6	2866	55	3734,41	2,739	57,415	58,253 (Kap)
50	0,7	2866	46	4000,514	2,507	52,374	49,242 (Kap)

Tablo 3. Aktif ve reaktif enerjide elde edilen kar oranları (Profit ratio obtained in active and reactive energy)

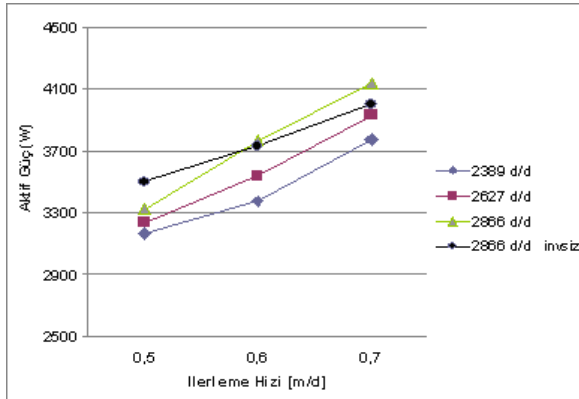
	Eviricisiz Kesim	Eviricili Kesim	Elde Edilen Kar	Yüzde Olarak
Aktif Enerji(Wh)	52,374	49,618	2,756	%5
Reaktif Enerji(VArh)	49,242 (Kap)	57,869 (End)	8,627	%17

Tablo 4. 2 s.'lik örnek hesaplama (2 seconds sample calculation)

Zaman (s)	Aktif Güç	Aktif Enerji	Toplam
0,25	1772,320	0,25x1772,320	443,080
0,5	1783,131	0,25x1783,131	445,7828
0,75	1783,131	0,25x1783,131	445,7828
1	1783,131	0,25x1783,131	445,7828
1,25	1886,126	0,25x1886,126	471,5315
1,5	1886,126	0,25x1886,126	471,5315
1,75	1886,126	0,25x1886,126	471,5315
2	2066,065	0,25x2066,065	516,5163
Genel Toplam			3711,539

4.1. Deneylerden Elde Edilen Grafikler (Graphics Obtained From Experiments)

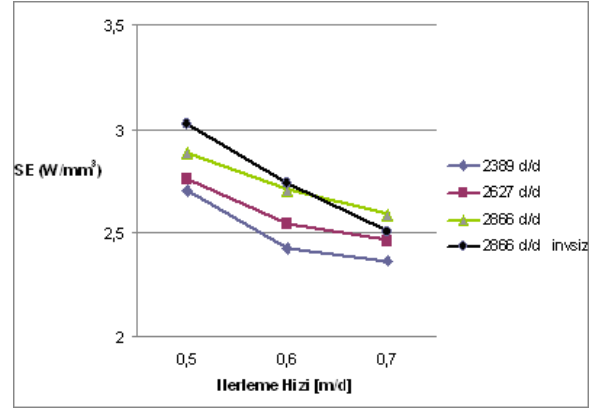
Şekil 7'de evirici kullanarak değişik kesme hızlarında ve testere dönüş hızlarında açık döngü V/f kontrol yönteminde yapılan kesim işlemlerinin ve evirici kullanmadan sabit devirde yapılan kesim işleminin aktif güç eğrileri görülmektedir. Grafikten 2389 d/d. ile kesilen mermerde kesme hızı arttıkça çekilen aktif güç miktarının arttığı açıkça görülmektedir. Grafikten 0,6 ile 0,7 m/d ilerleme hızlarında eviricisiz kesimin bazı eviricili kesimlere göre daha az aktif güç tükettiği



Şekil 7. İlerleme ve testere dönüş hızının ortalama aktif güce etkisi (The effects to average active power of moving and saw rotation speed)

görülmesine karşın en optimum değerin evirici ile yapılan 0,5 ile 0,6 m/d ilerleme hızlarında olduğu görülmektedir. Ancak kesme işlemi zamanında büyük bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha yüksek devirlerde ve ilerleme hızlarında kesme işleminin süresi kısalmaktadır ama tüketilen güç miktarı da artmaktadır. Bu etkenlerde göz önüne alınırsa hem zaman hem de güç açısından en optimum aralığın 0,6m/d ilerleme hızında 2627 d/d testere dönüş hızında olduğunu söylemek mümkündür.

Evirici kullanılmasıyla bazı aralıklarda güç tüketiminin artmasına rağmen getirmiş olduğu birçok avantaj bulunmaktadır. Bunların başlıca avantajları geliştirilmiş kontrol teknikleriyle hız kontrolü, tork kontrolü, dijital ve analog giriş-çıkışlar, haberleşme, pozisyon kontrolü, genişletme kartlarıyla programlanabilme ve enerji tasarrufu modu v.b. Şekil 8'de farklı kesme hızları ve testere dönüş hızları için spesifik kesme

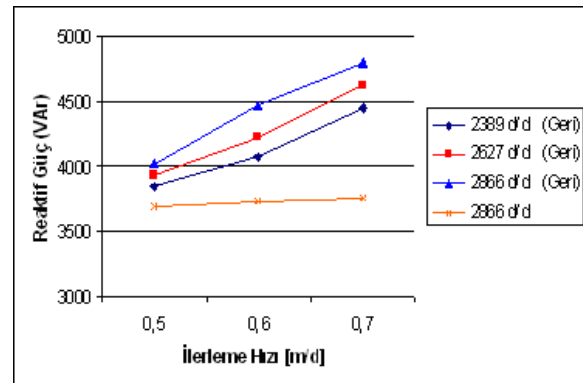


Şekil 8. İlerleme ve testere dönüş hızının ortalama spesifik enerji üzerindeki etkisi.(The effects to average specific energy of moving and saw rotation speed)

enerjisi ile ilerleme hızı arasındaki ilişki görülmektedir. Grafikten kesme hızı arttıkça spesifik enerjinin azaldığı açıkça görülmektedir. Ancak bir önceki grafikte kıyaslandığında 0,6 ile 0,7 m/d ilerleme hızlarında harcanan aktif güç miktarı 0,5 m/d da harcanan aktif güç miktarına göre daha fazlaydı, oysaki bu grafikte 0,6 ile 0,7 m/d ilerleme hızlarındaki spesifik enerji miktarının daha az olduğu görülmektedir. Fakat 0,6 ile 0,7 m/d ilerleme hızları arasında ki spesifik enerji miktarları birbirine çok yakındır. Bu veriler dikkate alındığında en uygun kesme işleminin 0,7 m/d ilerleme hızında ve 2389 d/d testere dönüş hızında gerçekleştiği görülmüştür. Ancak bir önceki grafikten bu değerlerde kesim süresinin fazla olduğunu ve optimum kesme aralığını 0,6 m/d ve 2627 d/d da olduğunu söylemiştik. Spesifik enerji miktarı da göz önünde bulundurularak iki grafikten optimum kesim aralığının 0,6 m/d ve 2627 d/d da olduğunu söylemek mümkündür.

Kesilebilirliğin tahmininde spesifik kesme enerjisinin etkili bir gösterge olduğu göz önüne alınırsa ve spesifik kesme enerjisi kesme maliyeti ile direkt olarak uygunluk gösterdiğinden bu aralıklarda yapılan kesim işleminin üreticiye çok fazla kazanç sağlayacağını söyleyebiliriz.

Şekil 9'daki grafikte ilerleme hızının ve testere dönüş

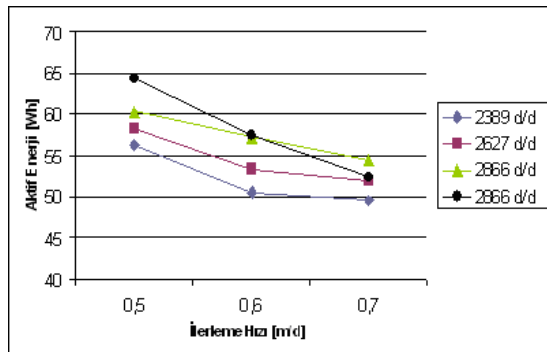


Şekil 9. İlerleme ve testere dönüş hızının ortalama reaktif güç üzerine etkisi.(The effects on average reactive power of moving and saw rotation speed)

hızının reaktif güç üzerindeki etkisi görülmektedir. Burada eviricisiz olarak yapılan deney sonucunda şebekeden reaktif güç çekildiği, eviricili olarak yapılan deneylerde ise şebekeye reaktif güç verildiği görülmektedir. Bunun en önemli sebebi eviricinin şebekeden aldığı 3 fazı kendi içerisinde sanal olarak bir 3 faz üretmesi ve bunu da büyük sığalı kondansatörler vasıtasıyla yapmasından dolayıdır. Şebekeden çekilen veya şebekeye verilen reaktif güç şebekede ek kayıplara ve simetrisizliklere neden olduğu için hattan çekilen reaktif güce sınırlama getirilmiştir. Aktif gücün reaktif güce oranı yani P/S ile ifade edilebilen $\cos\phi$ ifadesi 1'e yakın olmalıdır. Mevcut kanuna göre $\cos\phi$ değerinin 0,90 olması istenmektedir [14].

Şebekeden çekilecek reaktif güç sınırlandırıldığına göre, sistemin ihtiyacı olan reaktif gücün bir şekilde karşılanması gerekmektedir. İşte burada devreye kompanzasyon sistemleri girmektedir. Kompanzasyon sistemleri sistemin ihtiyacı olan endüktif veya kapasitif reaktif gücü verecek reaktör veya kapasitörlerden oluşan sistemlerdir [14]. Fabrikalarda böyle bir durumla karşılaşıldığında şebekeye gönderilen reaktif güç, çalışan diğer motorlar, floresan lambalar v.b. gibi endüktif özellikteki cihazlara yönlendirilerek işletme hem fazla enerji tüketiminden hem de elektrik idaresine harcamış olduğu kapasitif güçten dolayı para ödemekten kurtulmuş olur.

Şekil 10'da ilerleme hızının aktif enerji üzerindeki değişimini gösterir grafik görülmektedir. Grafikten ilerleme hızı arttıkça aktif enerjinin azaldığı açıkça görülmektedir. Ölçümler 3 ayrı devir sayısında alınmıştır. Siyah noktalı eğri eviricisiz olarak yapılan deney sonucunu göstermektedir. Grafikten ilerleme hızını biraz daha artırdığımızda daha az enerji tüketilebileceği yorumu çıkarılrsa da Uşak yeşil mermerinin 0,7 ilerleme hızından daha yüksek hızlarda kesilmesi bu kriteri ortadan kaldırmaktadır. Çünkü bu tür bir mermer çok serttir ve yüksek ilerleme hızlarında kesilemez. 0,7 ilerleme hızıyla 2389 d/d. testere devriyle yapılan kesimde en az enerjinin tüketildiği görülmektedir. Ancak burada yine zaman ve spesifik enerji gibi faktörler önümüze çıkacağından bu aralıklarda kesmemiz uygun olmayacaktır. Hem zaman, hem



Şekil 10. İlerleme ve testere dönüş hızının ortalama aktif enerji üzerindeki etkisi. (The effects on average active energy of moving and saw rotation speed)

aktif güç, hem aktif enerji, hem de spesifik enerji bakımından en optimum kesme aralığının 0,6 m/d. ve 2627 d/d. da olduğunu açıkça söyleyebiliriz.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Gerçekleştirilen deneylerde kesme hızının ve testere dönüş hızının açık döngü V/f ve enerji tasarrufu modunda aktif güç, reaktif güç, aktif enerji ve spesifik enerji üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir. Eviricide 3 ayrı kontrol yöntemi (açık döngü V/f, kapalı döngü V/f ve vektörel kontrol) olmasına rağmen açık döngü V/f kontrolü tercih edilmiştir. Çünkü diğer kontrol yöntemleri için ekstra donanım ihtiyacı vardır. Ancak gelecekte diğer kontrol yöntemleri de kullanılarak sistem tepkisinin ne olacağına karar verilebilir. Özellikle sistemin kapalı döngü olarak çalıştırılmasının daha iyi neticeler verebileceği düşünülmektedir.

Testere dönüş hızı enerji tüketiminde önemli rol oynamaktadır, çünkü testere dönüş hızının kayış kasnak yardımıyla yapılması veya kutup sayısının değiştirilerek devir ayarının yapılması optimum enerji açısından önemlidir. Gelişmiş eviriciler kullanılarak basit bir şekilde devir ayarı yapılabilir ve gelişmiş kontrol yöntemleri uygulanabilir. Bu sayede kesilen mermer optimum enerji ile kesilir ve işletmeye zaman ve maddi açıdan önemli katkılar sağlar.

Evirici kullanarak yapılan deney sonuçlarına bakarak Uşak yeşil mermeri için 0,6 m/d. ilerleme hızında ve 2627 d/d. testere dönüş hızında optimum aralığın sağlandığını söylemek mümkündür. Aktif güce göre bakıldığında bu değer 0,5 ilerleme hızında 2389 d/d. da olduğu görülse de, aktif enerji kavramında işin içine zaman da girmektedir, zaman ise vagon ilerleme hızı ve mermerin boyuyla direkt ilgilidir ve bu kademede tüketilen zaman diğer kademelere göre çok fazladır. Evirici kullanmadan yapılan deneylerde ise yüksek ilerleme hızlarında ve yüksek devirlerde tüketilen enerjinin minimum olduğu görülmektedir, ancak yüksek ilerleme hızının ve devir sayısının testere ve kasnak sistemine zarar vermesi dolayısıyla bu kademelerin tercih edilmesi çok sakıncalıdır.

Reaktif enerjiye baktığımızda evirici kullanarak yapılan kesimlerde şebekeye reaktif enerji verildiği eviricisiz kesimlerde ise reaktif enerjinin çekildiği görülmektedir. Şebekeden reaktif enerjinin çekilmesi ne kadar tehlikeliyse verilmesi de o kadar tehlikelidir. Ancak eviriciden kaynaklanan reaktif enerji üretimi işletmede çalışan endüktif özellikli elemanlar üzerinde kullanıldığı takdirde hem bu fazla enerji çok iyi bir şekilde değerlendirilmiş hem de şebekeye vereceği zararların önüne geçilmiş olmaktadır.

Bu sonuçlar evirici kullanmanın aktif ve reaktif enerji bakımından ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. İşletmelerin evirici kullanarak üretimlerini yapmalarının kendilerine ne kadar kar sağlayacağı açıktır.

SEMBOLLER (SYMBOLS)

S/T	: Dilimleyerek ve Keserek ayırmak (Stripper and Trimmer)
PWM	: Pals Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation)
$SPWM$: Sinüsoidal Pals Genişlik Modülasyonu
V_d	: Testere dönüş hızı
V_k	: Kesme derinliği
V/F	: Volt / Frekans
AC	: Alternatif akım
DC	: Doğru Akım
V_0	: Artırıcı gerilimi,
ω_e	: İlk kontrol değişkeni
ω_{sl}	: Küçük kayma frekansı
V_s	: Faz gerilimi
G	: Kazanç faktörü
DB	: Dinamik fren (Dynamic Break)
P	: Aktif Güç
S	: Reaktif Güç
$\cos\phi$: Güç faktörü

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Bayram, F., Kulaksız, S., Özçelik, Y., "Katraklarda Mermerlerin Fiziki-Mekanik Özelliklerinin ve Kesim Hızının Elmas Soketlerdeki Aşınmalara Etkisi", **Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem 2003) Bildiriler Kitabı**, Ankara, 18-19 Aralık 2003.
2. Büyüksağış, I. S., " **Dairesel Testereli Blok Kesme Makinelerinde Mermerlerin Kesilebilirlik Analizleri** ", Doktora tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
3. Gündüz, V., " **Mermer İşleme Fabrikalarında ST Makinelerin Kesim Performanslarının Belirlenmesi** ", Yük.Lis.Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bil. Ens., 2003.
4. Xu, X. P., Li, Y., Malkin, S., "Forces and Energy in Circular Sawing and Grinding of Granite", **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, Vol.123, 13-22, 2001.
5. Xu, X. P., Li, Y., Zeng, W. Y. and Li, L. B., "Quantitative Analysis of the Loads Acting on the Abrasive Grits in the Diamond Daring of Granites", **Journal of Materials Processing Technology**, Vol.129, 50-55, 2002.
6. Spiegel, R.J., Turner, M.W., McCormick, V.E., "Fuzzy-logic-based Controllers for Efficiency Optimization of Evirici-fed Induction Motor Drivers", **Elsevier, Fuzzy Sets and Systems** **137**, 387-401, 2003.
7. Çınar, S.M., " **Mermer Kesme Makinelerinde Elektrik Enerjisi Tüketimi Optimizasyonu** ", Yük.Lis.Tezi, AKÜ., Fen Bil.Ens., 2007.
8. Büyüksağış, I. S. and Goktan, R. M., "Investigation of Marble Machining Performance Using an Instrumented Block-cutter", **Journal of Materials Processing Technolog**, Vol.169, 258-262, 2005.
9. Grzesik, B., Kaczmarczyk, Z., Junak, J., "A Class E Evirici - the Influence of Evirici Parameters on Its Characteristics", **IEEE**, 1832-1837, 1996.
10. Tong, L., Wu, G., Shu, W,W, F., He, E., "Influence of the Evirici Characteristics on the Harmonic Losses in PWM Fed Traction Motors", **Proceedings of 2005 International Symposium on Electrical Insulating Materials**, 379-381, 2005.
11. Yücebağ, G., "AC Motor Hız Kontrol Üniteleri İle Fan ve Pompa Sistemlerinde Enerji Tasarrufu", **ABC Enerji Otomasyon ve Güvenlik Teknolojileri Semineri**, İstanbul, 2008.
12. [http://www.elektrik.gen.tr/content/view/102/30/\(15/05/2008\)](http://www.elektrik.gen.tr/content/view/102/30/(15/05/2008))
13. Bose, B.K., " **Modern Power Electronics and AC Drivers** ", The University of Tennessee, Knoxville, USA, 2002.
14. [http://www.elektrikce.com/aktif-reaktif-ve-gorunur-guc/\(10/10/2008\)](http://www.elektrikce.com/aktif-reaktif-ve-gorunur-guc/(10/10/2008))
15. Ersoy, A., Atıcı, Ü., "Spesifik kesme enerjisi ile spesifik deformasyon enerjisinin değerlendirilmesi", **KAYAMEK'2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu**, Sivas, 2004.