

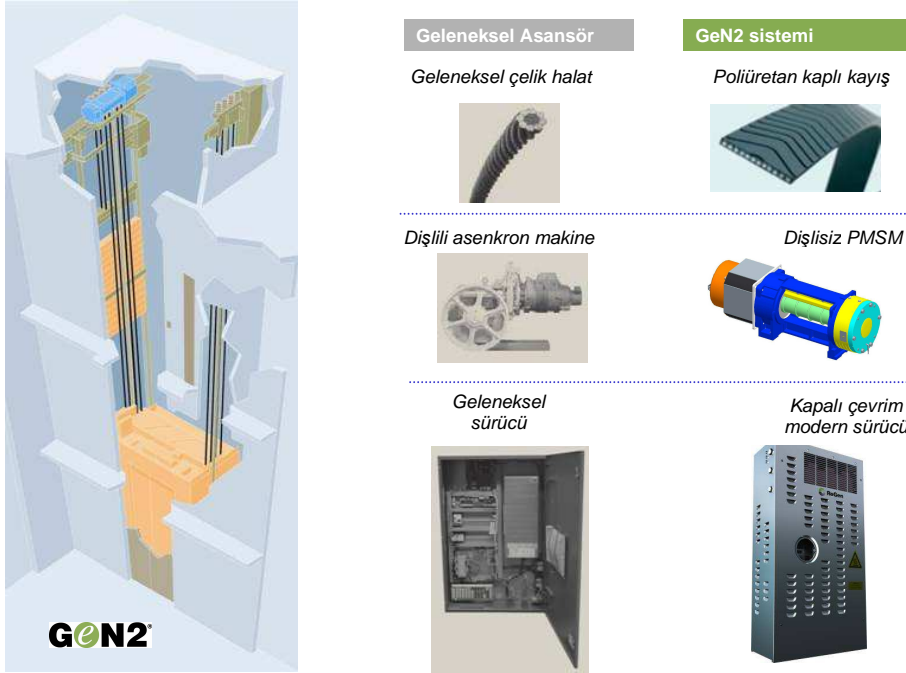
YENİ NESİL ASANSÖRLERİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ergün ALKAN
Elk.Y.Müh.

Buga Otis Asansör Sanayi ve Ticaret A.Ş.
Tel:0212 323 44 11 Fax:0212 323 44 66
Balabandere Cad. No:3 34460 İstinye-İstanbul Türkiye
ergun.alkan@bugaotis.com.tr

ÖZET

Çelik halat yerine poliüretan kaplı kayışların (CSB="Coated Steel Belt") kullanılması ile sağlanan yeniliklerin asansör teknolojisi üzerindeki etkisi bir devrim niteliğindedir ve tüm asansör sisteminin performansını baştan sona değiştirmiştir. CSB'lerin sağladığı üstünlükler, sürekli mıknatıslı senkron makine (PMSM) ve en modern regeneratif tahrik teknolojileri tarafından desteklenmiş ve tamamlanmıştır. Bu üç bileşen modern asansör tahrik sisteminin vazgeçilmez unsurlarıdır ve hep beraber geleneksel asansör sistemlerine kıyasla çok daha verimli ve çevre dostu olan yeni bir asansör neslini tanımlarlar. Bu makalede yeni nesil asansörlerin bu üç bileşeni incelenecektir.



Şekil 1. Yeni nesil asansörlerin tahrik sistemi

1. KAYIŞLARIN ETKİSİ

Taşıyıcı unsur olarak halat yerine CSB'lerin kullanılması elektrik makinesinin boyutlarını doğrudan etkiler. CSB'lerin kullanılması sayesinde boyutları önemli ölçüde küçülen asansör makinesi kolayca kuyu üst boşluğu içine yerleştirilebilir. Burada bu konuyu daha detaylı bir şekilde incelenecektir. Bir elektrik makinesinin rotor hacminin aşağıdaki denklem ile hesaplanabileceği gösterilebilir:

$$V_r = T / 2 \sigma_{\text{mag}} \quad (1)$$

Bu denklemde T ve σ_{mag} sırasıyla makinenin ürettiği momenti ve hava aralığındaki magnetik kopma gerilimini ifade ederler. Bu denkleme göre bir elektrik makinesinin rotorunun hacmi moment ile doğru, magnetik kopma gerilimi ile ters orantılıdır.

Şimdi geleneksel halat teknolojisinin ve yeni nesil asansörlerdeki kayış teknolojisinin asansör makinesinin hacmi üzerindeki etkilerini kıyaslayacağız. 1 numaralı denkleme göre asansör makinesinin momenti aşağıdaki denklemle ifade edilebilir:

$$T = V_r \cdot 2 \sigma_{\text{mag}} = \pi \cdot D_r^2 \cdot L \cdot 2 \sigma_{\text{mag}} \quad (2)$$

Burada D_r rotor çapını ve L rotor uzunluğunu belirtmektedir. 2 numaralı denklemi kullanarak halatlı sistemin momentini, kayışlı sistemin momentine oranlarsak, magnetik kopma geriliminin ve rotor uzunluğunun her iki durum için de aynı olduğunu varsayarsak aşağıdaki denklemi elde ederiz:

$$D_{r_{\text{CSB}}} = D_{r_{\text{halatlı}}} \cdot (T_{\text{CSB}} / T_{\text{halatlı}})^{1/2} \quad (3)$$

Şimdi de, rotor çaplarını hesaplamak amacıyla 3 numaralı denklemdeki moment oranını hesaplayalım. Üretilen moment aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir:

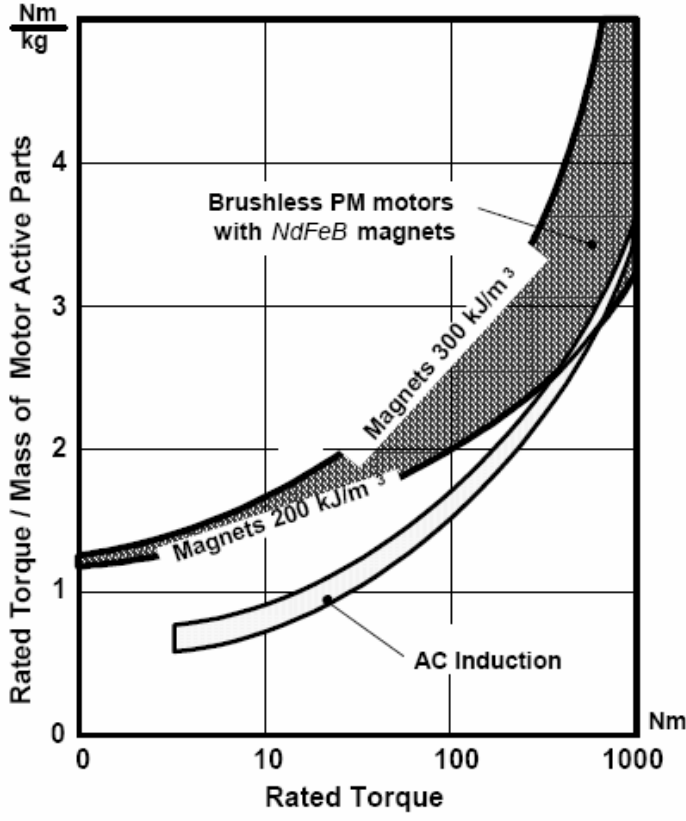
$$T = (D_t / 2) \cdot F \quad (4)$$

Burada F sisteme verilen kuvveti temsil eder ve aynı özelliklere sahip olduğunu düşündüğümüz (beyan yükü, hız, askı oranı, dengeleme oranı) her iki sistem için de eşittir. D_t ise tekerlek çapını belirtmektedir. 4 numaralı denklemi 3'de yerine koyarsak aşağıdaki denklemi elde ederiz:

$$D_{r_{\text{CSB}}} = D_{r_{\text{halatlı}}} \cdot (D_{t_{\text{CSB}}} / D_{t_{\text{halatlı}}})^{1/2} \quad (5)$$

Asansör standartları, çelik halatın etrafında sarılı olduğu tekerleğin çapının halat çapına oranının asgari 40 olmasını şart koşar. Halatlı dişlisiz sistemde kullanılan halat çapının 10 mm olduğunu varsayarsak, (630 kg ile 1275 kg beyan yüklü asansörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır) tekerlek çapının asgari 400 mm olması gerektiğini buluruz. Benzer şekilde kayış kullanan yeni nesil dişlisiz sistemde kullanılan çelik tel çapının 2.5 mm olduğunu varsayarsak asgari tekerlek çapının asgari 100 mm olması gerektiğini buluruz. Bu değerleri 5 numaralı denklemde yerine koyarsak kayışlı sistemin rotor çapının halatlı sisteminkinin yarısı olduğunu hesaplarız. Bu değerleri kullanarak ve stator çapının rotor çapına oranının PM makinelerde 0,5 ile 0,7 arasında, asenkron makinelerde ise 0,55 ile 0,75 arasında olduğunu göz önüne alarak asansör makinesinin hacmini hesaplayabiliriz [1]. Buna göre kayış kullanan yeni nesil sistemdeki PM makine geleneksel halatlı sistemde kullanılan makineden çok daha az yer kaplar.

Rotor hacminin, magnetik kopma gerilimi ile ters orantılı olduğu, yukarıda daha önce belirtilmişti. Makinenin enerji dönüşüm yeteneğinin bir ölçüsü olan magnetik kopma gerilimi, PMSM'lerde 15 kN/m² ile 60 kN/m² arasında, asenkron makinelerde ise 10 kN/m² ile 35 kN/m² arasındadır. Gen2 makinelerin magnetik kopma gerilimi 21 kN/m² dir[1]. PMSM'nin asenkron makineye göre aynı etkin motor kütlesi için üretilen moment değeri bakımından üstünlüğü Şekil2 de görülmektedir.

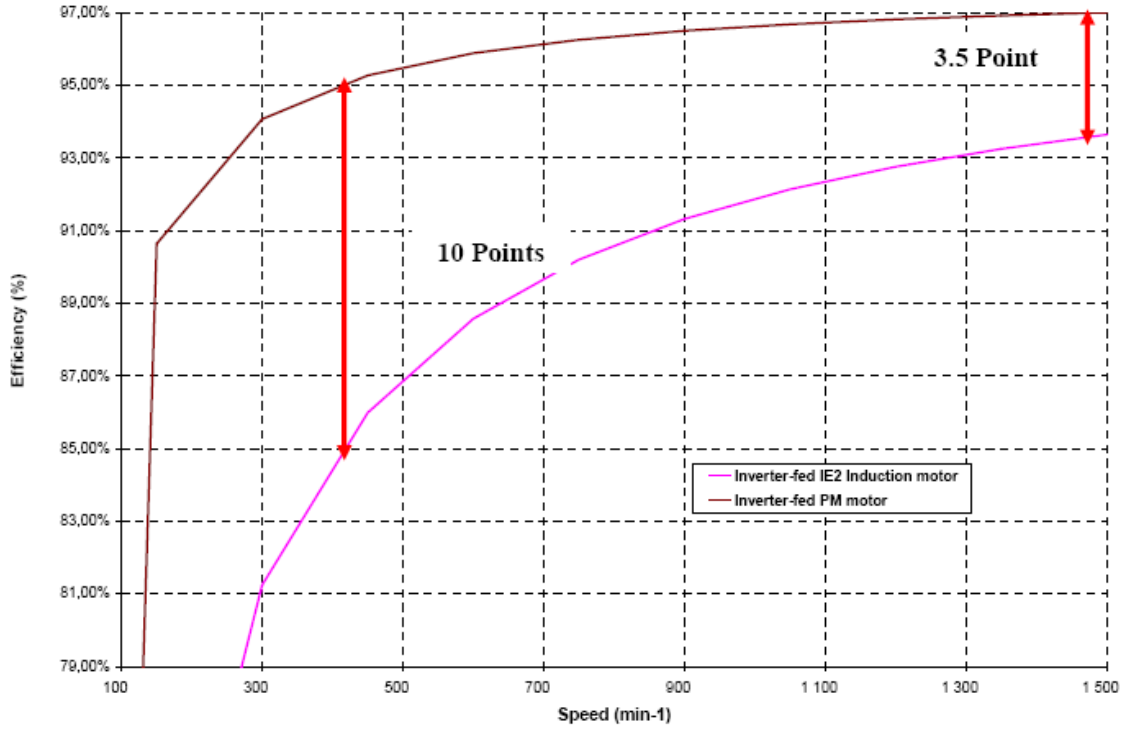


Şekil 2. Fırçasız PMSM'nin ve asenkron makinenin Moment/Kütle oranı [1].

Şimdi konuyu enerji verimliliği açısından değerlendirelim. Bir elektrik makinesinin milinde ürettiği mekanik gücün, makinenin ürettiği moment ile açısal hızının (ω) çarpımına eşit olduğunu düşünürsek aşağıdaki denklemi elde edebiliriz:

$$\omega_{CSB} = \frac{T_{halatlı}}{T_{CSB}} \bullet \omega_{halatlı} \quad (6)$$

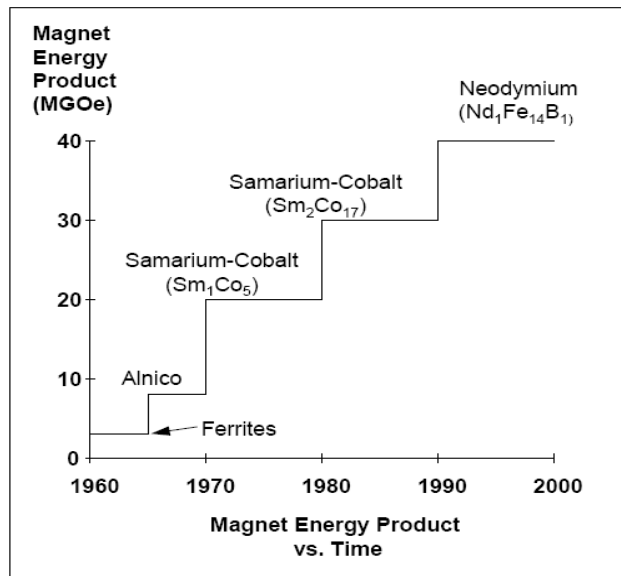
Buna göre, aynı mekanik çıkış gücü için yeni nesil asansör sisteminin hızı geleneksel sistemin hızından daha büyüktür. Bilindiği gibi, enerji dönüşümünün verimi hız arttıkça artmaktadır. Bu durum Şekil 3 de gösterilmiştir. Bu şekil, PM makinenin asenkron makineye göre verim bakımından üstünlüğünü de göstermektedir.



Şekil 3. PMSM ve asenkron makinede verimin hız ile değişimi [2].

2. PMSM'LERİN ETKİSİ

Enerji değeri yüksek olan nadir toprak sürekli mıknatıslarının bulunması, düşük hacimli ve yüksek maknetik akılı PMSM'lerin tasarlanabilmesini sağlamıştır. Genelde MGOe biriminde ifade edilen enerji çarpımı değeri, bir sürekli mıknatısın akı yoğunluğunun ve alan şiddetinin, mıknatıslanma eğrisi (B-H eğrisi) üzerindeki değerlerinin çarpımının en büyük değeridir ve sürekli mıknatısın performansının başlıca ölçüsü olarak değerlendirilir. 1983 yılında bulunan sinterlenmiş neodimyum-demir-bor (Nd-Fe-B) mıknatısları günümüzde en üstün özelliklere sahip olan sürekli mıknatıslardır. Bu mıknatısların enerji çarpımı değerleri 26 MGOe ile 52 MGOe arasında değişir. Kalıcı mıknatıslık ve gidergenlik değerleri yüksektir. Şekil 4 sürekli mıknatısların zaman içindeki evrimini göstermektedir.

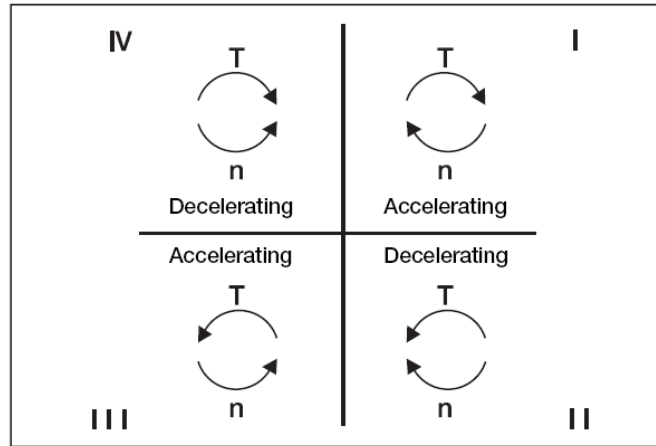


Şekil 4. Enerji çarpımı değerinin zaman içindeki evrimi [2].

Rotordaki sürekli mıknatıslar kayıpsız bir magnetik alan kaynağıdır. Bu aşağıdaki avantajları beraberinde getirir:

- Asenkron makinelerde mıknatıslanma için gerekli olan mıknatıslanma akımına ihtiyaç yoktur. Bu nedenle aynı çıkış gücü için PMSM %6 ile %10 arasında daha az şebeke akımına ihtiyaç duyar.
- Daha düşük kalkış akımı. Asenkron makinelerde tipik olarak anma akımının 2 katı olan kalkış akımı PMSM'lerde anma akımının 1,5 katı civarındadır. Böylece şebeke gerilimindeki dalgalanmalar da daha düşük seviyeye inmiş olur.
- İnvörtör ivmelenme sırasındaki akımı sağlayacak şekilde tasarlandığından daha düşük invörtör sınırı.
- Daha düşük şalter, sigorta ve kablo değerleri, böylece daha düşük bir kurulum maliyeti.
- Çok yüksek bir güç katsayısı. Böylelikle tepkin güç dengelemesine olan ihtiyaç ortadan kalkar.
- Stator sargılarında daha düşük bakır kaybı ve sargısı bulunmayan rotorda sıfır bakır kaybı.
- Daha düşük ısı üretimi. Soğutma için makine hacminin büyütülmesine gerek yoktur. Buna ilave olarak soğutma için fana ihtiyaç yoktur.
- PMSM'nin hacmi asenkron makineninkinden %25 daha küçüktür.
- PMSM'nin ağırlığı asenkron makineninkinden %20 ile %40 arasında daha küçüktür.
- Daha yüksek magnetik kopma gerilimi ve böylece daha düşük moment ve daha yüksek hız değerleri
- Daha düşük generator akım ve güç değerleri.

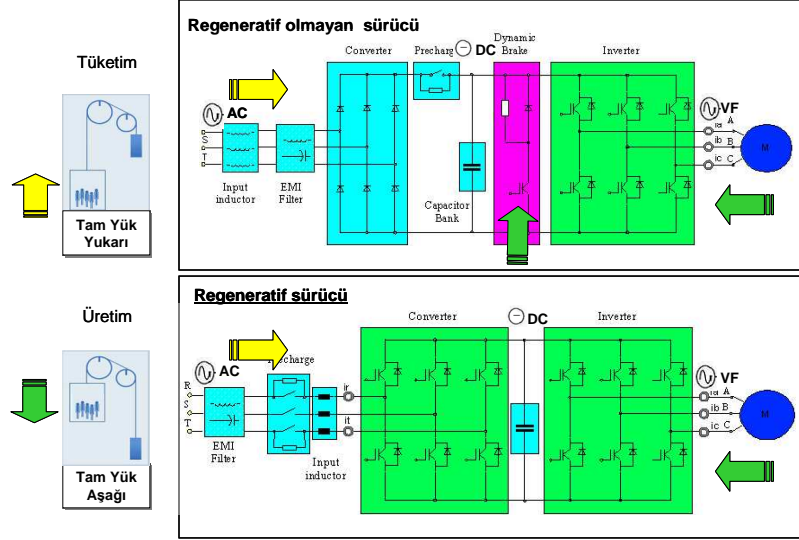
3. REGENERATİF TAHRİKLERİN ETKİSİ



Şekil 5. Asansörün 4 bölge moment-hız diyagramı

Her asansör sürücüsü hareket yönü ne olursa olsun her iki yönde de moment sağlayabilmelidir. Bu, 4-bölgeli işletim olarak adlandırılır ve Şekil 5'deki diyagram üzerinde gösterilebilir. Her bölgede, sistemi hızlandırmak için ihtiyaç duyulan enerji şebekeden alınır ve hareketli kütlelerde kinetik enerji olarak saklanır. Bu enerji beyan hızının karesi ile orantılıdır. Regeneratif olmayan bir tahrik bu enerjuyu ısı olarak dirençler üzerinde harcarken modern bir

regeneratif tahrik şebekeye geri kazandırır. Şimdi de potansiyel enerjiyi göz önüne alalım. Sistem birinci ve üçüncü bölgelerde potansiyel enerji alırken, ikinci ve dördüncü bölgelerde potansiyel enerji üretir. Regeneratif tahrikler ikinci ve dördüncü bölgelerde üretilen enerjiyi şebekeye geri kazandırır.



Şekil 6. Regeneratif ve regeneratif olmayan sürücüler.

Sistem tarafından emilen potansiyel enerjinin daha sonraki seyirlerde geri kazanılacağını varsayarak geri kazandırılan enerjinin ortalama değerini hesaplayabiliriz. P_i ile şebekeden çekilen etkin gücü, P_u ile sistemdeki kinetik ve potansiyel enerjinin toplamını, η ile sistemin verimini aşağıdaki denklemleri yazabiliriz:

$$P_U = P_I \cdot \eta \quad (7)$$

$$P_R = P_U \cdot \eta = P_I \cdot \eta^2 \quad (8)$$

Burada sistemin verimi aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$\eta = \eta_{\text{sürücü}} \cdot \eta_{\text{makine}} \cdot \eta_{\text{kuyu}} \quad (9)$$

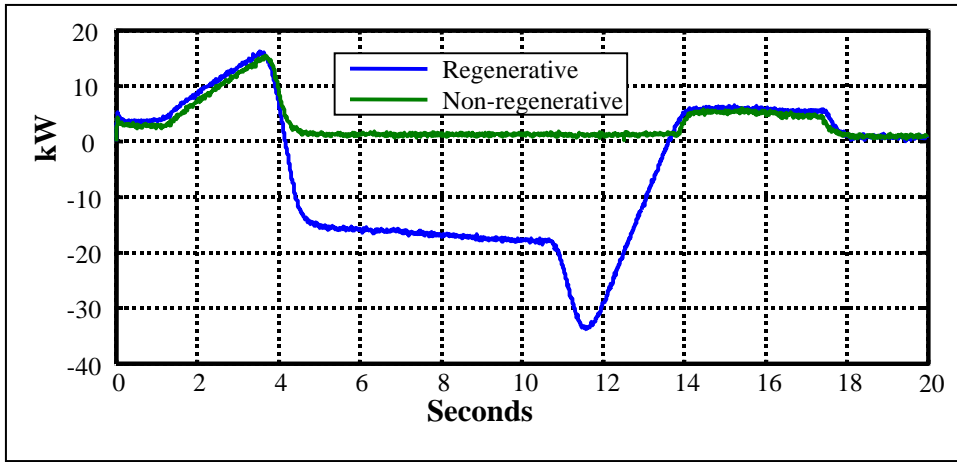
Buna göre toplam verimi %87 olan dişlisiz bir sistemin şebekeden çektiği enerjinin %75'i şebekeye geri kazandırılabilir. Dişlili sistemlerde kabin yönündeki verim şebeke yönündeki verimden küçükken, dişlisiz sistemlerde her iki yöndeki verim eşittir. Bu, dişlisiz sistemin diğer bir üstünlüğüdür.

Şimdi regeneratif olmayan geleneksel bir sürücünün akım ve güç değerleri ile regeneratif modern bir sürücünün değerlerini karşılaştıralım:

	<u>Geleneksel</u>	<u>Yeni nesil</u>
Beyan yükü (kg)	800	800
Hız (m/s)	1,6	1,6
Askı oranı	2:1	2:1
Tekerlek çapı (mm)	575	100
Etkin güç (kW)	9,5	7,1
Hat kalkış akımı (A)	45,1	25,9
Hat anma akımı (A)	19,3	10,3
Hat kalkış görünür gücü (kVA)	31,3	18,0
Hat anma görünür gücü (kVA)	13,4	7,1
Güç katsayısı	0,7	1,0
Açığa çıkan güç (kJ/s)	2,1	1,2
Sigorta akımı (A)	25	16
Asgari kablo kesiti (mm²)	6	4

Tablo 1. Asenkron makine kullanılan ve regeneratif olmayan geleneksel bir sistem ile PMSM kullanılan regeneratif yeni nesil asansör sisteminin akım ve güç değerlerinin kıyaslanması.

30 m lik bir seyir boyunca tam yükte aşağı yönde hareket eden rejeneratif ve rejeneratif olmayan 2 sistemin enerji alış-verişi Şekil 7 de gösterilmiştir.



Şekil 7. 30m seyir boyunca tam yükte aşağı yönde hareket sırasında regeneratif ve regeneratif olmayan tahriklerin çektikleri/geri kazandırdıkları gücün eğrisi [3].

Regeneratif sistemin avantajları aşağıda özetlenmiştir:

- Hemen hemen bire eşit olan güç katsayısı ve buna bağlı olarak aynı beyan yükü ve beyan hızı için daha az akım ve güç ihtiyacı
- Daha az ısının açığa çıkması (regeneratif olmayan tahriklere kıyasla asgari %30)
- Daha yüksek bir enerji tasarrufu.
- Daha düşük bina inşaat ve işletim maliyeti
- Daha yüksek bir elektrik enerjisi kalitesi, düşük harmonik distorsiyonu ve sabit DC bara gerilimi
- Asansörün montajı sırasında tek fazdan çalıştırılabilme
- Şebeke gerilimindeki dalgalanmalara karşı yüksek direnç

4. SONUÇ

Asansör sisteminde azami verimin sağlanması için, asansör tahrik sistemini oluşturan ana bileşenlerin her birinin diğer bileşenlerin mümkün kıldığı olanakları değerlendirecek ve destekleyecek şekilde tasarlanması gereklidir. Yeni nesil asansörler bu prensibe uygun olarak tasarlanmışlardır. Yeni nesil asansörlerde taşıyıcı bileşen olarak kayışların kullanılması daha küçük bir asansör makinesi kullanılmasına olanak verir. Bu olanağı değerlendiren dişlisiz PMSM'ler geleneksel asansör makinelerine kıyasla çok daha verimlidirler. Regeneratif sürücüler ise sistemde üretilen enerjiyi şebekeye geri iade ederek verimin önemli ölçüde yükselmesine katkıda bulunurlar.

KAYNAKLAR

- [1] Dr. Zbigniew Jerry Piech, “**Influence of Coated Steel Belts on Elevator Machinery Technology**”, Otis Elevator Company, Proceedings of Elevcon 2004
- [2] Anibal T. De Almeida, Carlos Patrao, Joao Fong, Urbano Nunes, Rui Araujo, “**E⁴ – Energy Efficient Elevators & Escalators, WP4: Technology Assessment- Final Draft**”, University of Coimbra, October 21, 2009
- [3] Dr. Vladimir Blasko, “**Elevator Drives - Architectures, Features and Trends**”, Otis Elevator Company, Proceedings of Elevcon 2002