

ROBOTLARDA KULLANILAN MOTORLARIN BİLGİSAYAR YARDIMI İLE SEÇİMİ

Recep KAZAN*

Recep KILIÇ*

* SAÜ Mühendislik Fakültesi Makina Müh. Bölümü/Sakarya

Özet: İstenen çalışma şartlarını sağlayacak motorları seçmek robotların kontrolünde çok önemli aşamalardan birini teşkil etmektedir. Bu çalışmada, normal şartlarda seçimi uzun zaman alan elektrik motorlarının güve ilir ve hızlı bir şekilde seçilebilmesi için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

I. GİRİŞ

Çağımızın üretim gerekleri; hız, kalite, standardizasyon ve kapasiteye dayanmaktadır. Bir kaç yıl öncesinin katı mekanik otomasyonu yerini bilgisayar ağırlıklı esnek otomasyona bırakmıştır. Bilgisayar kontrollü otomatik üretim çerçevesi içinde bu tür üretim gerekleri i karşılamak üzere geliştirilen ve giderek otomasyon mozayığında vazgeçilmez elemanlar haline gelen robotlar, üretim sistemlerinin doğrusal olmayan, çok serbestlik dereceli özelliklerini vurgulamaktadır.

Robotlardan istenen görevleri elde edebilmek için çok iyi kontrol edilmeleri gerekmektedir. Robotun kontrol işlemlerinin hareketini kontrol ederek gerçekleştirilmektedir. Genellikle robotlar elektrikli, hidrolik veya pnömatik olarak hareket ettirilmektedir. Bunlardan elektrikli olarak DC ve AC servomotorlarla hareket ettirilen robotlar daha ucuz, daha temiz ve daha sessiz olmaları nedeniyle gittikçe artan bir şekilde önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada geliştirilen bilgisayar programında; seçilecek motorların hesapla ma aşaması dört bölümden oluşmaktadır: Max. dönme gücü hesabı, max. akım hesabı, armatür ısı hesabı ve güç kaynağı gereksinimi. Motor seçim prosedürü de iki aşamada yapılmıştır. Bu aşamalar; motor bilgilerini data dosyasına kaydetmek ve görüntülemek için "motor kayıt programı" ve ekrandan girilen motor parametrelerini değerlendirip motor

listesinden bu parametreleri sağlayan "motoru seçim programı"dır.

II. SERVO MOTORUN BOYUTLANDIRILMASI

Pek çok robot uygulamasında, bir nesnenin ya da yükün kontrollü hareketine gereksinim duyulmaktadır. Bu hareket kontrolü bir servo motor tarafından sağlanabilir. Bir servo motorun arzu edilen performansı sağlayabilmesi için yükün karakterize edilmiş ve hareket profiline belirlenmiş olması gerekir. Eğer uygun olmayan bir servo motor seçilir ise, bu durum yeterli performansın sağlanamamasına, motorun aşırı ısınmasına veya motor/amplifikatör maliyetinin yüksek olmasına neden olabilir.

Boyutlandırma işlemi dört bölüme ayrılmıştır:

- a) Peak ve maksimum sürekli torkun hesabı
- b) Peak akımın hesabı
- c) Armatür sıcaklığının hesabı
- d) Güç kaynağının peak voltaj gereksinimi

Motor seçim işlemine başlamadan önce, aşağıdaki büyüklükler tasarımcı tarafından belirlenmelidir [1,2].

ω_{pk} = motor şaftı peak açısal hızı

t_a = ivmelenme zamanı

t_{cv} = sabit hız zamanı

t_s = yavaşlama zamanı

t_d = durma zamanı

J_L = yük atalet momenti

B_L = yük viskoz sönümü

T_L = uygulanan yük torku

θ_{amb} = çevre sıcaklığı

I_{PSmax} = max. güç kaynağı akımı

$V_{PSmax} = \text{max. güç kaynağı voltajı}$

II.1 Yük Parametreleri: Bir servo sisteminin seçiminde ilk kademe 4 yük parametresinin tesbit edilmesidir. Bu parametreler motor şaftına göre belirlenmelidir. Eğer yük ile motor şaftı arasında bir mekanik bağ varsa (örneğin dişli, kayış, klavuz vida vb.) dikkate alınmalıdır.

II.1.1 Sürtünme Torku(T_f): Mekanik bileşenler arasındaki harekete karşı direnci yenmek için gerekli torku belirler. Bu sürtünme torku hızdan bağımsızdır. Sürtünme torku hesaplanabilir; fakat genellikle ölçümle karakterize edilir. T_f , tahrik şaft noktasına yerleştirilen bir tork anahtarı kullanılarak kolaylıkla ölçülebilir.

II.1.2 Viskoz Tork (T_v): Viskoz tork bir nesneyi bir sıvı içinde hareket ettirmek için gerekli torktur. Bunun için iyi bir örnek, yağ tanklarının dibine yerleştirilen dişlileri döndürmek için gerekli torktur. T_v hız ile orantılıdır ve bundan dolayı yüksek hızlarda daha önemlidir. Pek çok uygulamada bu tork ihmal edilir[3].

II.1.3 Atalet (J): Atalet, bir nesnenin hızını değiştirmek için karşılaşılan dirençtir. Örneğin, hızlanmaya ve yavaşlamaya karşı dirençtir. tespiti güç bir parametredir.

II.1.4Yük Torku (T_L) : Daha önce bahsedilenlerden farklı olarak yük için gerekli olan torktur. Örneğin, yerçekimi kuvvetine karşı bir nesneyi yukarıda tutmaya gerekli olan torktur. Farklı olarak motor şaftına uygulanan dışarıdan üretilmiş kuvvet veya tork olabilir.

II.2 Hareket Profili Parametreleri: Yükü tamamen karakterize etmek ve uygun bir servo motor seçebilmek için daha önce bahsedilen dört parametre boyunca uygulama yükü için bir hız - zaman profili belirlenmelidir.

Hız profili ve yük parametre verileri kullanılarak bir tork-zaman profili üretilebilir. Hız profili ile ilgili gerekli olan bu tork profili, yükü tahrik etmek için gerekli olan tork-hız işlem zarfını belirler. Uygun motor ve amplifikatör seçimi yük için gerekli olan hız-tork ve çeşitli motorlar için hız-tork eğrileri karşılaştırılarak tesbit edilir. Amplifikatör sürekli tepe akımı ve çıkış voltajındaki değişimler, motorun hız-tork performansına etkir[4,5].

III. SERVO MOTOR SEÇİM AŞAMALARI

III.1 Peak ve Maksimum Sürekli Tork Hesabı

1. Motor parametrelerinin hepsinin sıfır olduğu kabul edilirse, yani; ($J_m = T_f = B = 0$)

$$J_{toplam} = J_m + J_L = J_L$$

$$B_{toplam} = B + B_L = B_L$$

$$T_{toplam} = T_f + T_L = T_L$$

Bu takdirde,

$$T_{accel} = J_L \alpha_{accel} + T_L + B_L \omega_{pk} \\ = \frac{J_L \cdot \omega_{pk}}{t_a} + T_L + B_L \cdot \omega_{pk}$$

$$T_{cv} = T_L + B_L \cdot \omega_{pk}$$

$$T_{decel} = J_L \alpha_{decel} + T_L$$

$$T_{dwell} = T_L$$

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{t_a \cdot T_{accel}^2 + t_{cv} \cdot T_{cv}^2 + t_s \cdot T_{decel}^2 + t_d \cdot T_{dwell}^2}{t_a + t_{cv} + t_s + t_d}}$$

olarak hesaplanır.

2. Motor listesinden, aşağıdaki şartlara uyan en ucuz motorun seçilmesi;

$$T_{peak} > T_{accel} \\ T_{peak} > |T_{decel}| \\ (T_{cont})_{max} > T_{rms}$$

3. İkinci adımda seçilen motorun katalogundan J_m , T_f ve B değerleri alınır. T_{accel} , T_{decel} , T_{cv} ve T_{rms} aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$T_{accel} = (J_m + J_L) \frac{\omega_{pk}}{t_a} + T_f + (B + B_L) \omega_{pk} + T_L$$

$$T_{cv} = T_f + (B + B_L) \omega_{pk} + T_L$$

$$T_{decel} = (J_m + J_L) \frac{\omega_{pk}}{t_a} - T_f - T_L$$

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{t_a \cdot T_{accel}^2 + t_{cv} \cdot T_{cv}^2 + t_s \cdot T_{decel}^2 + t_d \cdot T_{dwell}^2}{t_a + t_{cv} + t_s + t_d}}$$

4. İkinci adımdaki eşitsizlikler kontrol edilir. Eğer J_m , T_f ve B 'nin yeni değerleri motor değişikliği gerektirmiyorsa, bu motor, peak ve sürekli tork şartları için yeterlidir. Sonra 5. adıma geçilir. Eğer eşitsizlik yeterli değilse motor listesinden bir sonraki motora geçilir. Motor değişikliğine gerek duyulmayana kadar 3 ile 4. aşamalar tekrarlanır. Daha sonra 5. adıma geçilir.

III.2 Peak Akım Hesabı

5. Dördüncü adımda seçilen motor için K_T (tork sabiti) ve I_{demag} (mıknatıslığı giderme akımı) uygun sarım sayısı için bulunur ve peak akım aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$I_1 = \frac{T_{accel}}{K_T}$$

$$I_2 = \left| \frac{T_{cv}}{K_T} \right|$$

$$I_3 = \left| \frac{T_{decel}}{K_T} \right|$$

$$I_{peak} = \max \text{ değer} [I_1, I_2, I_3]$$

$$6. I_{peak} < I_{demag}$$

Eğer cevap "evet" ise 7. basamağa geçilir. Cevap "hayır" ise motor listesinden bir sonraki motora geçilir. 3. basamaktan 6. basamağa kadar adımlar tekrarlanır (2. basamaktaki eşitsizlikler kontrol edilerek).

$$7. I_{peak} < I_{PSmax}$$

Eğer cevap "Evet" ise 8. basamağa geçilir. Cevap "Hayır" ise seçilmiş motorda $I_{peak} < I_{psmax}$ oluncaya kadar 6. basamakta kalınır ve daha sonra 8. basamağa geçilir. Eğer bütün sarım değerleri denendiyse ve hala eşitsizlikler sağlanamıyorsa motor listesindeki sonraki motora geçilir (1 nolu sarım kullanılarak). 3. basamaktan 7. basamağa kadar tekrarlanır. $I_{peak} < I_{PSmax}$ olduğu zaman 8. basamağa geçilir.

III.3 Armatür Sıcaklığı Hesabı

8.

$$I_{rms} = \frac{T_{rms}}{K_T}$$

$$\theta_{rise} = \frac{R_a \cdot I_{rms}^2 \cdot R_{th}}{1 - R_a \cdot I_{rms}^2 \cdot R_{th} \cdot \psi}$$

$$\theta_{arm} = \theta_{rise} + \theta_{amb}$$

hesaplanır, burada;

ψ = Isı direnç katsayısı = 0.00393 (bakır tel), 0.00415 (alüminyum tel)

R_a = Armatür sarım direnci artı terminal direnci (25 °C'de

R_{th} = Armatür çevre termal direnci

$$9. \theta_{arm} < \theta_{armmax}$$

Eğer cevap "evet" ise 10. basamağa geçilir, cevap "hayır" ise halen kullanılmakta olan motor için bir sonraki sarıma geçilir ve 5. basamaktan 9'a kadar $\theta_{arm} < \theta_{armmax}$ oluncaya kadar tekrarlanır. Sonra 10. basamağa geçilir. Eğer bütün sarımlar bu motor için denenmiş ve θ_{arm} hala θ_{armmax} 'tan büyükse bir sonraki motora geçilir. 3. basamaktan 9'a kadar $\theta_{arm} < \theta_{armmax}$ oluncaya kadar tekrarlanır, daha sonra 10. adıma geçilir.

III.4 Güç Kaynağı Peak Voltaj Gereksinimi

10.

$$R_h = R_a [1 + \psi (\theta_{arm} - 25)]$$

= armatür direncinin "sıcak" değeri

$$N_0 = 9.593 \cdot 10^{-3} \omega_{pk}$$

= motor şaft hızı (1000 d/dak)

$$V_{peak} = \max. \text{ değer} \begin{cases} V_1 = R_h \cdot I_1 + K_E \cdot N_0 \\ V_2 = R_h \cdot I_2 + K_E \cdot N_0 \\ V_3 = R_h \cdot I_3 + K_E \cdot N_0 \end{cases}$$

olarak hesaplanır.

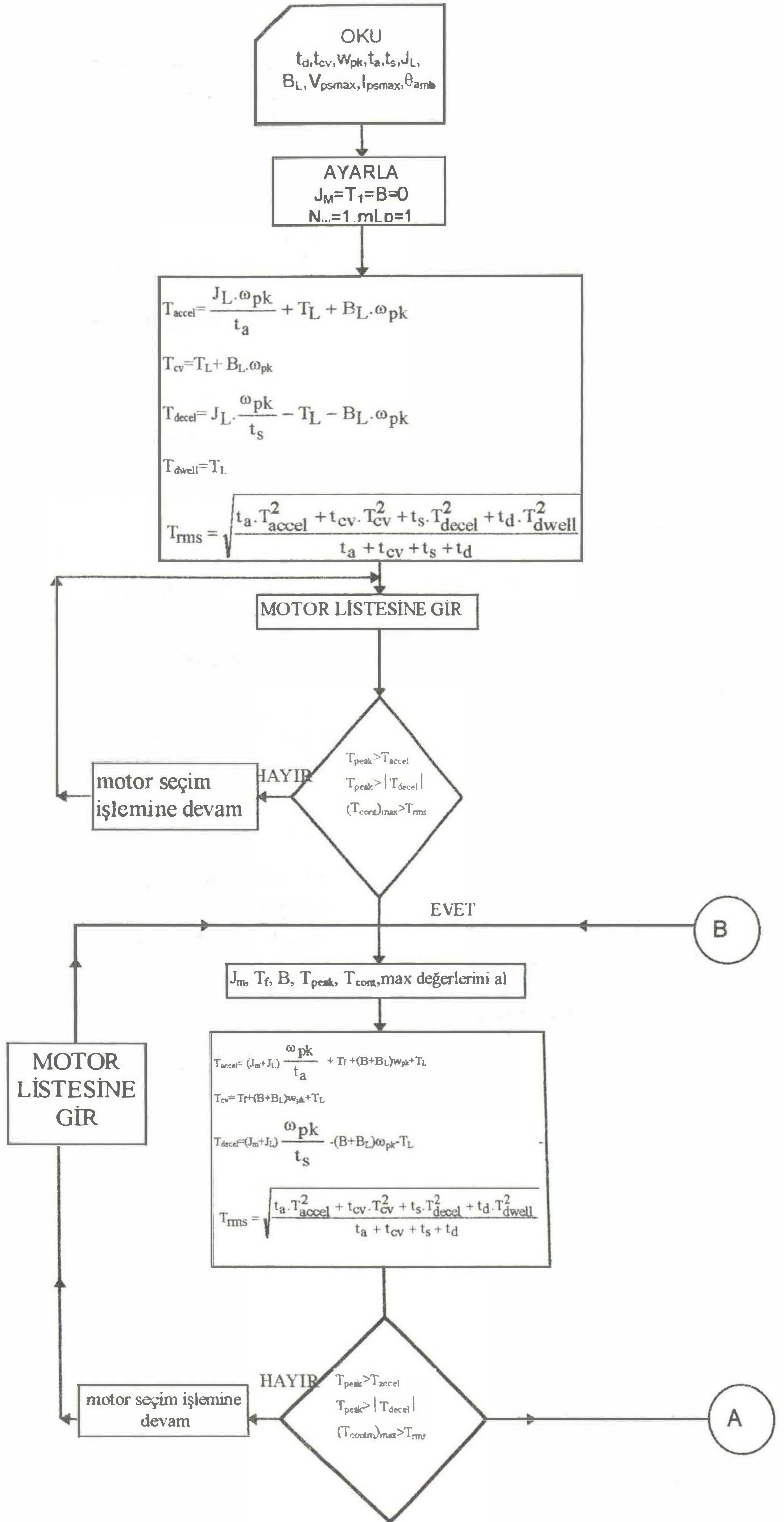
$$11. V_{peak} < V_{PSmax}$$

Eğer cevap "evet" ise 12. basamağa gidilir. Cevap "hayır" ise motor listesindeki bir sonraki motora geçilir ve 3. basamaktan 11. basamağa kadar tekrarlanır. $V_{peak} < V_{PSmax}$ olunca 12. basamağa geçilir.

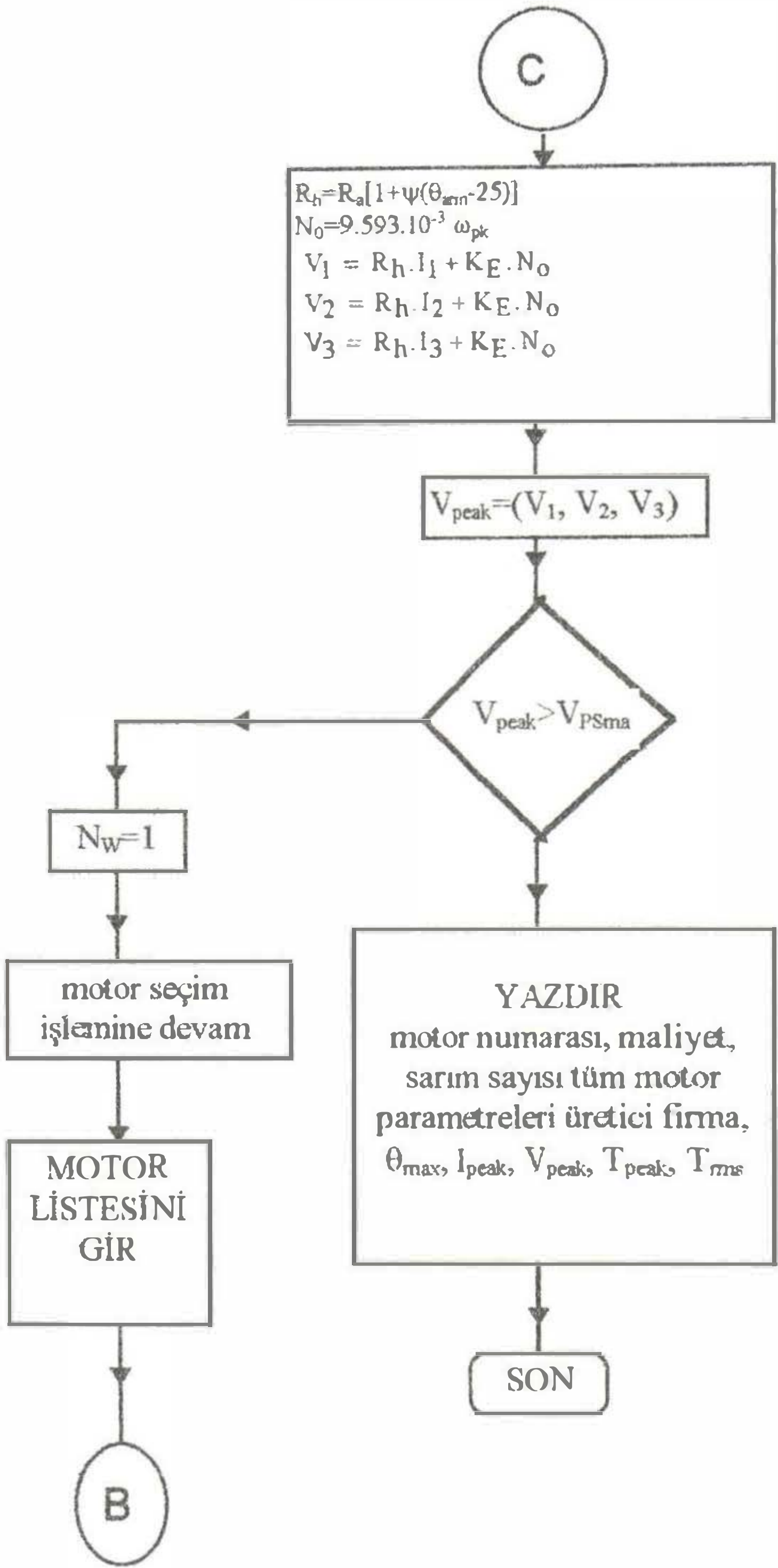
12. Motor numarası, üretici ismi, sarım sayısı, birim maliyet ve diğer bütün parametreler (θ_{arm} , I_{peak} , V_{peak} , T_{peak} ve T_{rms}) kaydedilir.

13. Dur

Yukarıda izah edilen seçim adımları şekil 1 deki akış şemasından takip edilebilir [6].



Şekil 1. Motor seçme programı akış şeması



Şekil 1. Devam

IV. BİLGİ SAYAR PROGRAMI

IV.1 Visual Basic

Servo motor seçim programı grafik arabiriminden faydalanarak yapılmak istenmiştir. Bunun için de en uygun ara birim Windows'tur. Windows için hem basit hem de ihtiyacı görececek bir dil seçmek gerektiğinden Visual Basic 4.0 en uygun dil olmaktadır.

Visual Basic'in en önemli özelliği Windows 95'in kaynaklarını tam kapasite ile kullanabilmesi ve grafik arabiriminde ihtiyaç duyulan fare desteği, diyalog kutuları gibi olayları çok rahat biçimde temin edebilmesidir[7].

IV.2 Servo Motorlarını Seçme Programı

Program bir ana bölüm buna bağlı iki alt bölümden oluşmaktadır. Ana bölümde motor parametreleri ya da motor kayıt listesi çalıştırılmaktadır. Motor parametrelerinin bulunduğu bölümde her motor için sabit olan değerler yazılmakta ve bu değerlere göre kayıt listesinden motor seçilmektedir. Motor kayıt listesinde

ise bir firmanın ürettiği değişik motorların değerleri yer almaktadır.

Bir örnek olmak üzere şekil 2'de motor kayıt listesi, şekil 3'de ise motor parametreleri bilgisayar ekran görüntüsü olarak verilmiştir.

Şekil 2 Motor kayıt listesi

Şekil 3. Motor parametreleri

V. SONUÇ

Geliştirilen bilgisayar programı ile robotlarda kullanılan servo motorların çok kısa zamanda ve optimal seçimi sağlanmaktadır. Seçimi güncelleştirebilmek için çok sayıda motor kataloğundan çok sayıda verinin girilmesi faydalı olacaktır. En ucuz, en güvenilir ve en kolay bir şekilde seçilecek olan motor her bakımdan büyük bir kazanç sağlayacaktır.

VI. KAYNAKLAR

[1] HUMPRIES, J.T., "Motors and Controls", USA, 1981
[2] NEGIN, M., CHMIELEWSKI, A. T., KLAFTER, D.R., "Robotic Engineering and Integrated Approach", USA, 1986
[3] ROBINSON, D.J., ZAFT, C.K., "A Dinamic Analyse of Magnetic Stepping Motors", IEEE Trans, on Industrial Electronics and Controls Instrumentation, Vo. 2, pp.111-125, 1969

[4] SNOWDEN, A.E., MADSEN, E.W., "Characteristic of Synchronous Inductor Motor", IEEE Trans, Part II, Applications and Industry, Vol. 81, pp. 1-5, 1962
[5] MILLER, S.W., "Machine Design", 24 April 1975
[6] NELSON, R.B., "Motor & Control Division", Pasific Scientific Motor Products Catalog, July 1995
[7] YANIK, M., " Microsoft Visual Basic For Windows Profesyonel Sürüm", Beta Yayınevi, 1995

