



**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

MEKATRONİK LABORATUVARI – I

ROBOT PROGRAMLAMA – I / MOTOMAN

DENEY SORUMLUSU

Arş. Gör. Burak ULU

ŞUBAT 2023

KAYSERİ

1. GİRİŞ

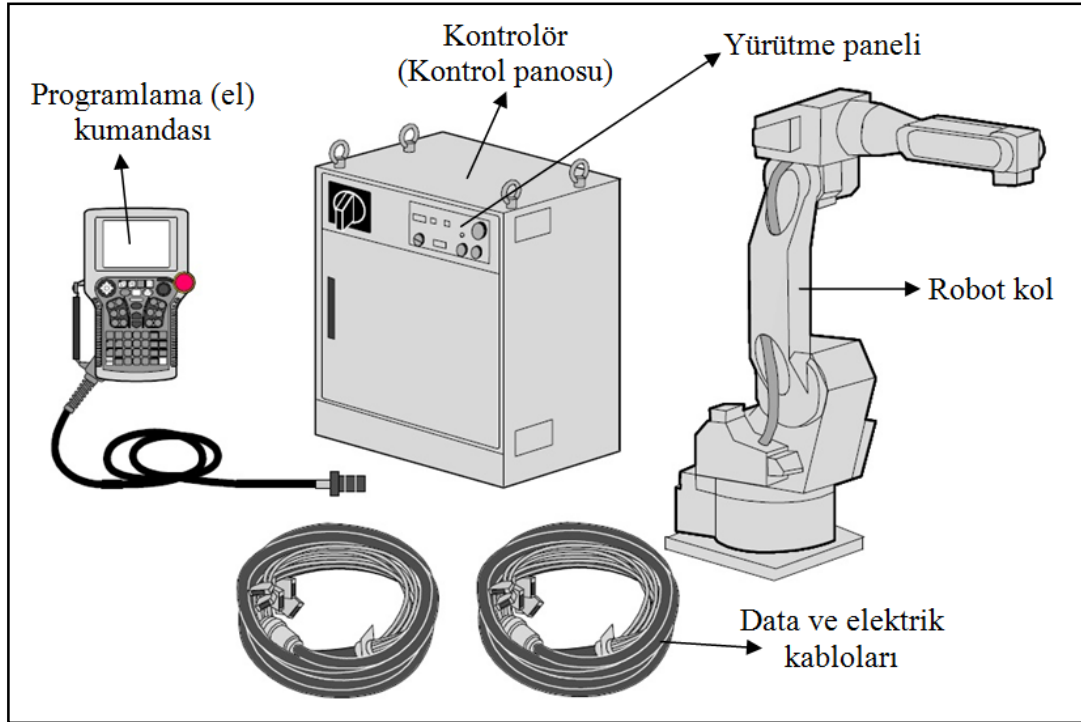
MOTOMAN manipülâtörü, Japonya menşeli YASKAWA Endüstriyel Robot Firması'nın robot koludur. Deneyde kullanılacak olan robot kol, 6 serbestlik derecesine sahip olup, tutma-taşıma (handling) işlemlerinde kullanılmaktadır. Robot, pnömatik tahrikle çalışan bir tutucuya (gripper) sahiptir.

Not: Doküman içerisinde, programlama el kumandası ve yürütme paneli üzerindeki tuşların ve butonların isimleri köşeli parantez [] içerisinde verilecektir.

Güvenlik Uyarısı: Robotun çalışma alanına girmeden önce, programlama kumandası üzerindeki [Teach Lock] tuşu aktif hale getirilmelidir. [Teach Lock] tuşu aktif olduğunda, buton üzerindeki LED lamba yanacaktır.

Bir manipülâtör genellikle şu elemanlardan oluşmaktadır:

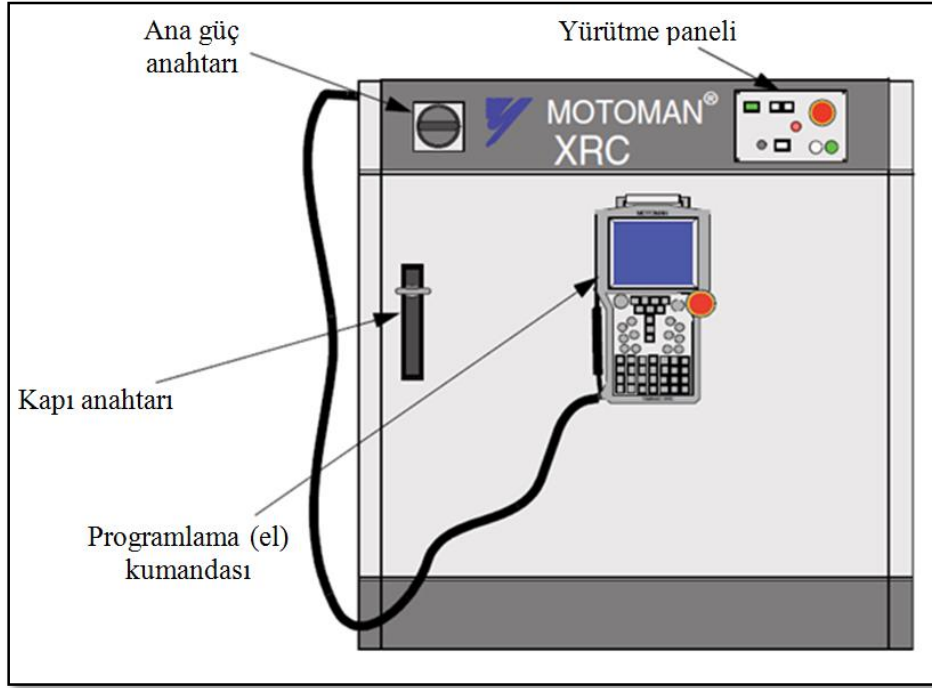
1. Kontrolör (Kontrol panosu)
2. Yürütme paneli (Playback panel)
3. Programlama el kumandası (Programming pendant)
4. Robot kol
5. Data ve elektrik kabloları



Şekil 1.1. Bir manipülâtörün elemanları.

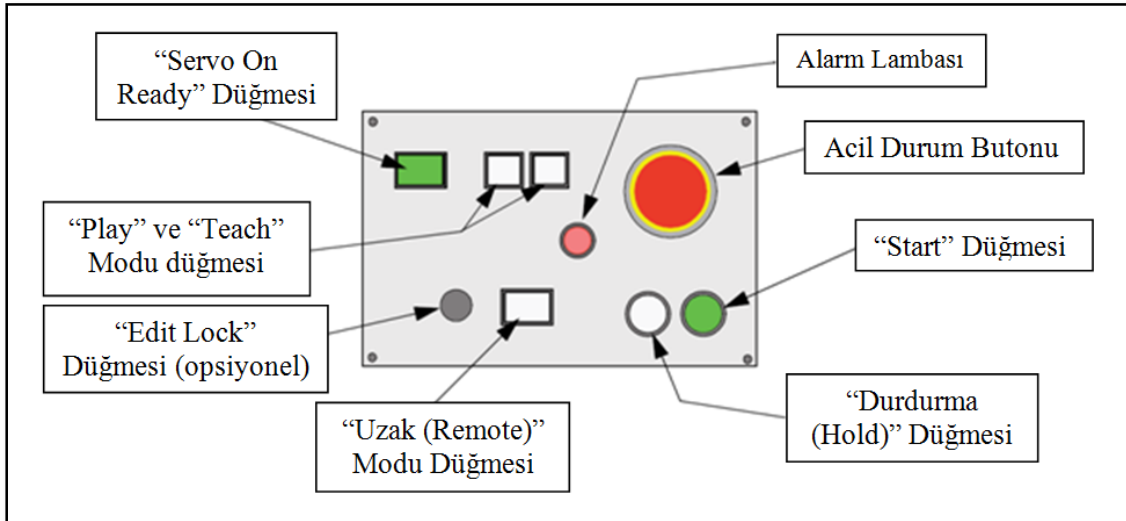
2. ENDÜSTRİYEL MANİPÜLATÖR

2.1. Kontrolör (Kontrol Panosu)



Şekil 2.1. Kontrol panosu.

2.2. Yürütme Paneli (Playback panel, P-panel)



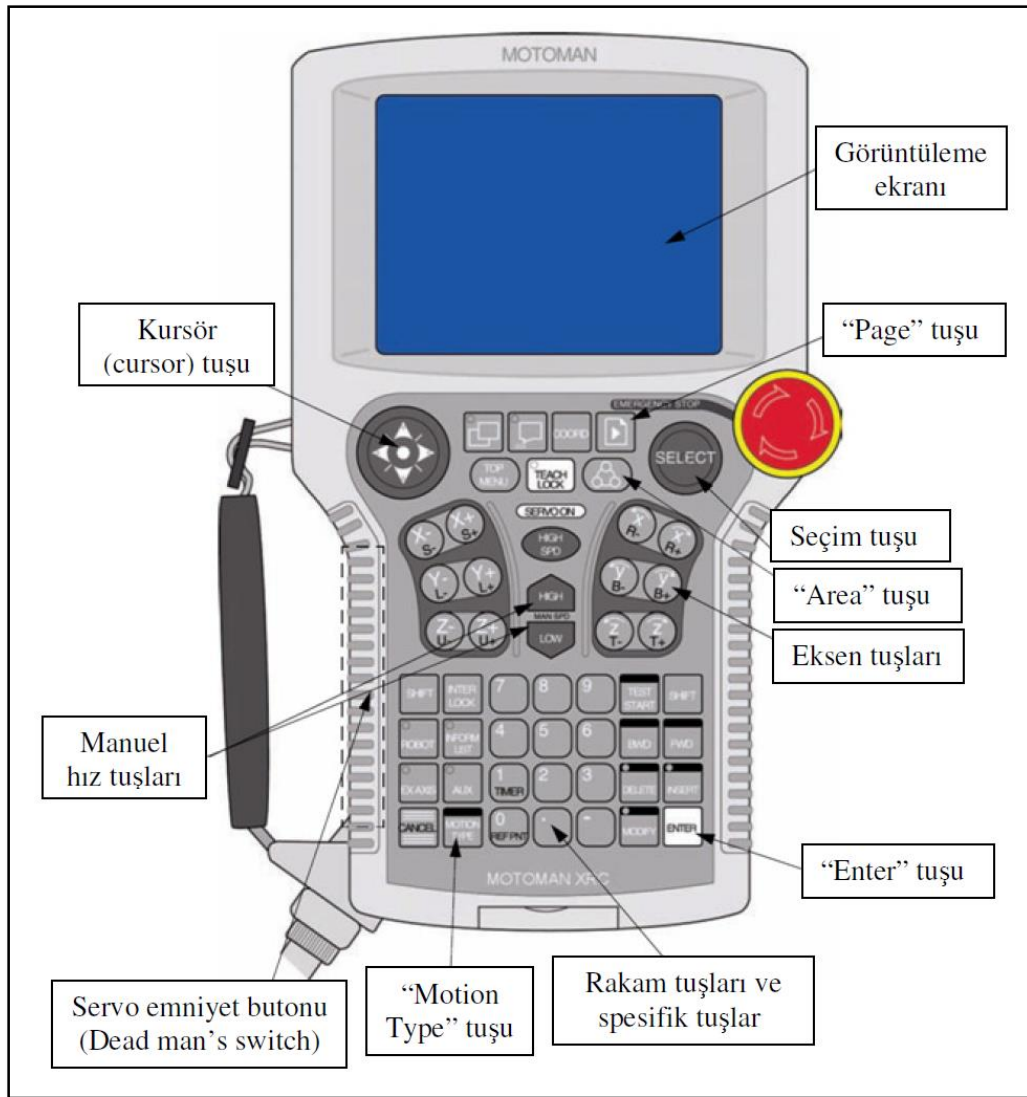
Şekil 2.2. Yürütme paneli.

- ❖ Yürütme panelindeki butonlara basıldığında buton içindeki lamba yanar veya kapanır. Bu şekilde butonun aktif olup olmadığı anlaşılabilir.

- ❖ Alarm lambası yandığında, işleme devam edebilmek için kumanda üzerindeki [Cancel] tuşuna basılır.
- ❖ [Servo on Ready] butonunun lambası “Play Mode”da iken sürekli yanar, “Teach Mode”da ise kesik kesik yanar. Operatör, el kumandasındaki servo emniyet butonuna (deadman switch) bastığı zaman, servo motorlara enerji verilir.
- ❖ [Remote] butonunun lambası yandığı zaman, yürütme paneli çalışmaz, dışarıdan bir giriş sinyali beklenir.
- ❖ [Hold] butonu basılarak program duraklatılabilir. Yalnız tekrar basılarak robot çalıştırılmaz. Prosedüre devam etmek için [Start] butonuna basılmalıdır.












2.3. Programlama El Kumandası (P-pendant)

2.3.1. Programlama El Kumandası Üzerindeki Tuşlar ve İşlevleri




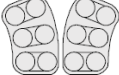











Şekil 2.3. Programlama el kumandası.






Tablo 2.1. Programlama el kumandası üzerindeki tuşlar ve işlevleri.

Simge	İşlev
<p>E.STOP Button</p> 	Acil Durum Butonu: Servo motorlara giden enerjinin tamamen kesilmesini sağlar. Kumanda üzerindeki ekranda da bir acil durdurma mesajı görüntülenir.
<p>Deadman Switch</p> 	Servo emniyet butonu: Servolara kullanıcının kontrolünde enerji gönderilmesini sağlar. Aktif olabilmesi için, “Servo On Ready” lambasının kesik kesik yanması ve “Teach Lock” düğmesinin aktif olması gerekir.
<p>[TEACH LOCK]</p> 	“Teach” modunu aktif hale getirir. Kumanda üzerinden robotu hareket ettirebilmek ve program yürütebilmek için aktif olması gerekir. Aktif olduğunda üzerindeki LED yanar.
<p>Cursor</p> 	Menüler arasında gezabilmeyi veya imleci hareket ettirebilmeyi sağlayan yön tuşlarıdır.
<p>[SELECT]</p> 	Menü öğelerinin seçimini sağlar.
<p>[TOP MENU]</p> 	Hangi menüde olunursa olunsun en üst, ana menüye dönmeyi sağlar.
<p>Area Key</p> 	Ekrandaki görüntü alanları arasında geçiş yapmayı sağlar.
<p>Page Key</p> 	[Shift] tuşu ile beraber basıldığında bir sonraki sayfaya geçmeyi sağlar.
<p>Direct Open Key</p> 	Call, Operation, Input/Output gibi öğelerin üzerinde iken basıldığında, öğe içeriğini veya konumunu açar.
<p>Reserved Display Key</p> 	Sık kullanılan başka bir pencereye (ekrana) geçmeyi sağlayan kısayol tuşudur.
<p>[COORD]</p> 	5 farklı koordinat sistemi arasında geçiş yapılmasını sağlar (eklem, kartezyen, silindirik, takım ve kullanıcı). Takım ve kullanıcı tanımlı koordinat sistemi seçili iken bu tuşa [Shift] ile birlikte basıldığında koordinat numarası değişir. Yani tanımlanan koordinat sistemleri arasında geçiş sağlanır.

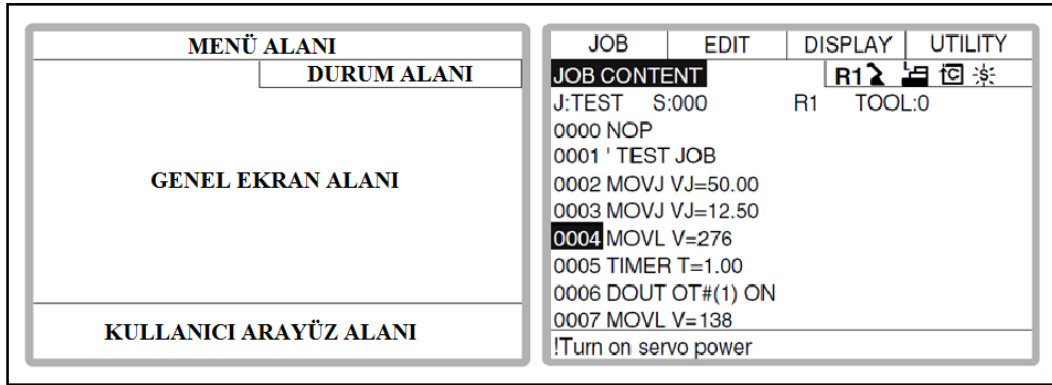
Tablo 2.1. Programlama el kumandası üzerindeki tuşlar ve işlevleri (devamı).

Simge	İşlev
[MAN SPD] 	4 kademeli hız değerinin azaltılıp artırılmasını sağlar.
[HIGH SPD] 	Robotun sadece bir eksenini hareket ettirirken en üst seviye hızı sağlamak için kullanılır.
[MOTION TYPE] 	Durum ekran alanındaki (status display area) hareket komutunu değiştirmeyi sağlar. Bu hareket komutları şöyledir: MOVJ, MOVL, MOVC, MOVS.
Axis Key 	Seçili eksen için robotun altı serbestlikli hareketi bu tuş takımı ile gerçekleştirilir.
[ROBOT] 	Robot eksen takımını değiştirmeyi sağlar.
[EX. AXIS] 	Harici eksen takımını etkinleştirmek için kullanılır.
[TEST START] 	[Interlock] ile birlikte basıldığında programın yürütülmesini sağlar.
[FWD] 	[Interlock] ile birlikte basıldığında program satırlarının ileri yönde yürütülmesini sağlar. (Sadece hareket komutları yürütülür.)
[BWD] 	[Interlock] ile birlikte basıldığında program satırlarının ters yönde yürütülmesini sağlar. (Sadece hareket komutları yürütülür.)
[INFORM LIST] 	Program komutlarının listesinin görüntülenmesini sağlar.
[CANCEL] 	Veri girişini iptal eder ve hata uyarılarını siler.
[DELETE] 	Veri ve komutların silinmesini sağlar. Basıldığında LED lambası yanar. Etkinleştirmek için LED yanarken [Enter]'a basılır.
[INSERT] 	Veri ve komutların eklenmesini sağlar. Basıldığında LED lambası yanar. Etkinleştirmek için LED yanarken [Enter]'a basılır.

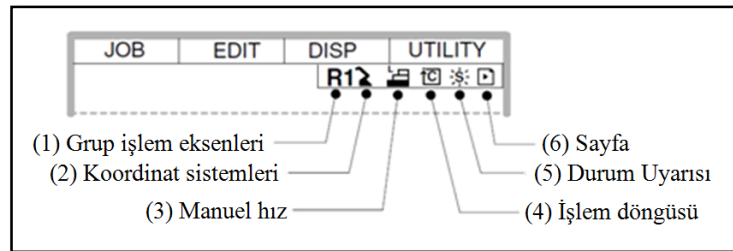
Tablo 2.1. Programlama el kumandası üzerindeki tuşlar ve işlevleri (devamı).

Simge	İşlev
[MODIFY] 	Veri, komut ve öğretilmiş pozisyon bilgilerinin düzenlenmesini sağlar. Basıldığında LED lambası yanar. Etkinleştirmek için LED yanarken [Enter]'a basılır.
[ENTER] 	Etkinleştirme için kullanılır. Basıldığında, girdi ekleme satırındaki (input buffer line) veri veya komut, imlecin (kursör) bulunduğu yere eklenir.
[SHIFT] 	[Top Menu], [Coord], [Motion Type], "Cursor", [Reversed Display Key], [Number Key] ve [Page Key] tuşları ile birlikte basılarak kullanılır ve tuşlara farklı işlevler kazandırır.
[INTERLOCK] 	[Test Start], [Fwd] ve [Bwd] gibi tuşlar ile birlikte kullanılır. Bu tuşlar ile programın yürütülmesini sağlar. Başka işlevler için başka tuşlarla kullanımı da mevcuttur.
Number Key 	Rakam ve sembol eklemek için kullanılır. (Motoman programlarında, ondalık kısım virgül ile değil nokta "." ile ifade edilir.)

2.3.2. Kumanda Ekranı





















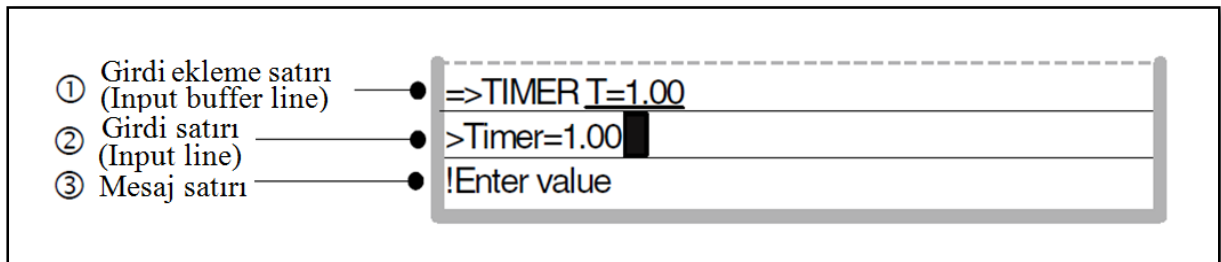
Şekil 2.4. Programlama kumandası 4 ekran alanı.



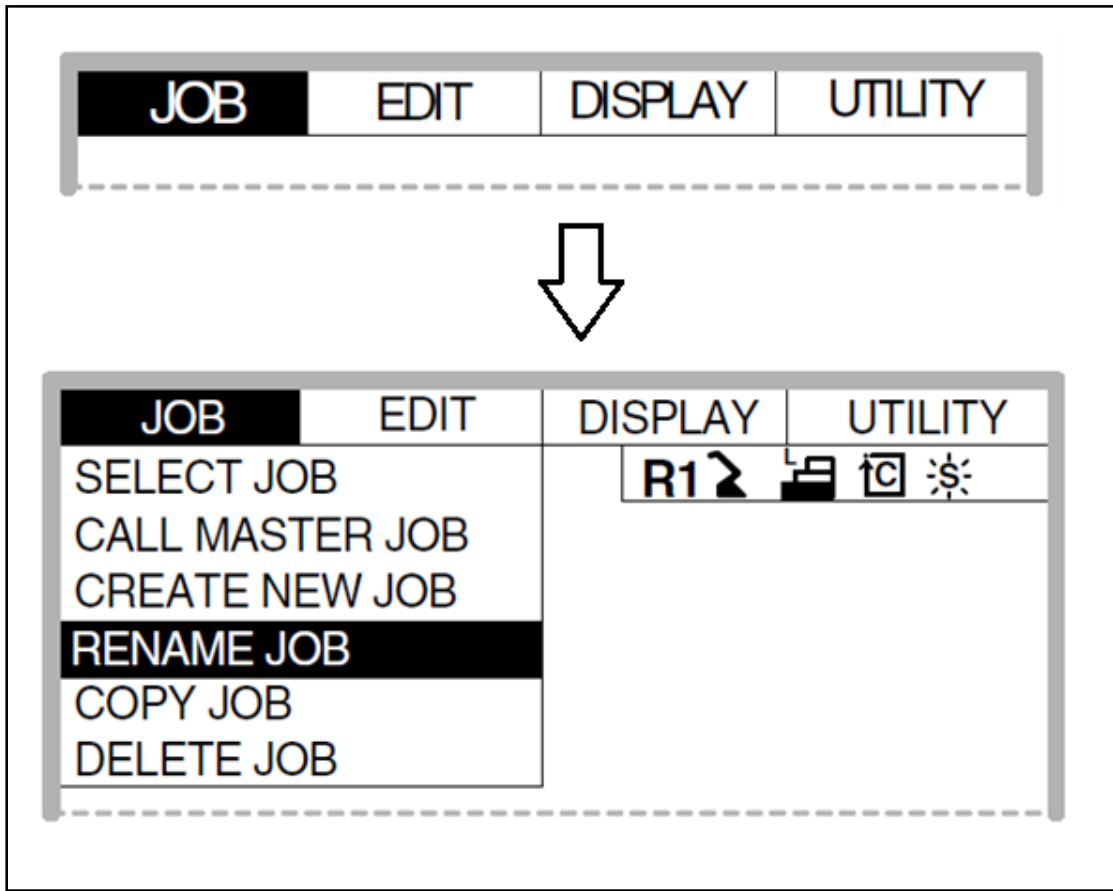
Şekil 2.5. Programlama kumandası durum ekran alanı.

Tablo 2.2. Programlama kumandası durum ekran alanındaki simgeler ve anlamları.

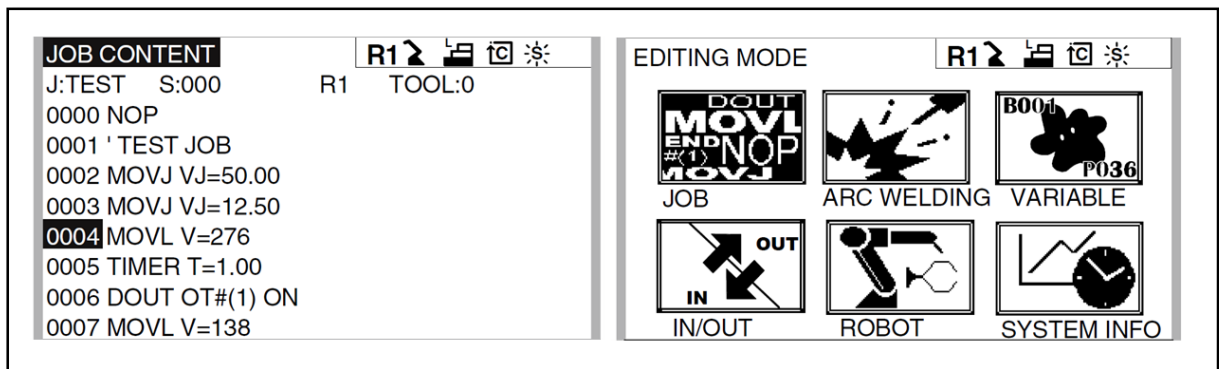
No	Menü	Sembol	İsim
1	Grup işlem eksenleri	R1 - R3	Robot eksen takımı
		B1 - B3	Zemin (Base) eksen takımı
		S1 - S6	İstasyon (Station) eksen takımı
2	Koordinat sistemleri		Eklem (Uzuv) koordinat sistemi
			XYZ (Kartezyen) koordinat sistemi
			Silindirik koordinat sistemi
			Takım koordinat sistemi
			Kullanıcı tanımlı (User defined) koordinat sistemi
3	Manuel hız		Adım adım yol verme
			Düşük hız
			Orta hız
			Yüksek hız
4	İşlem döngüsü		Adım
			Döngü
			Sürekli
5	Durum uyarısı		Durdurma (Stop) durumu
			Duraklatma (Hold) durumu
			Acil durum butonu basılı durumu
			Alarm durumu
			İşlem yapma durumu
6)	Sayfa		Seçili sayfayı görüntüler



Şekil 2.6. Programlama kumandası kullanıcı arayüzü ekran alanı.

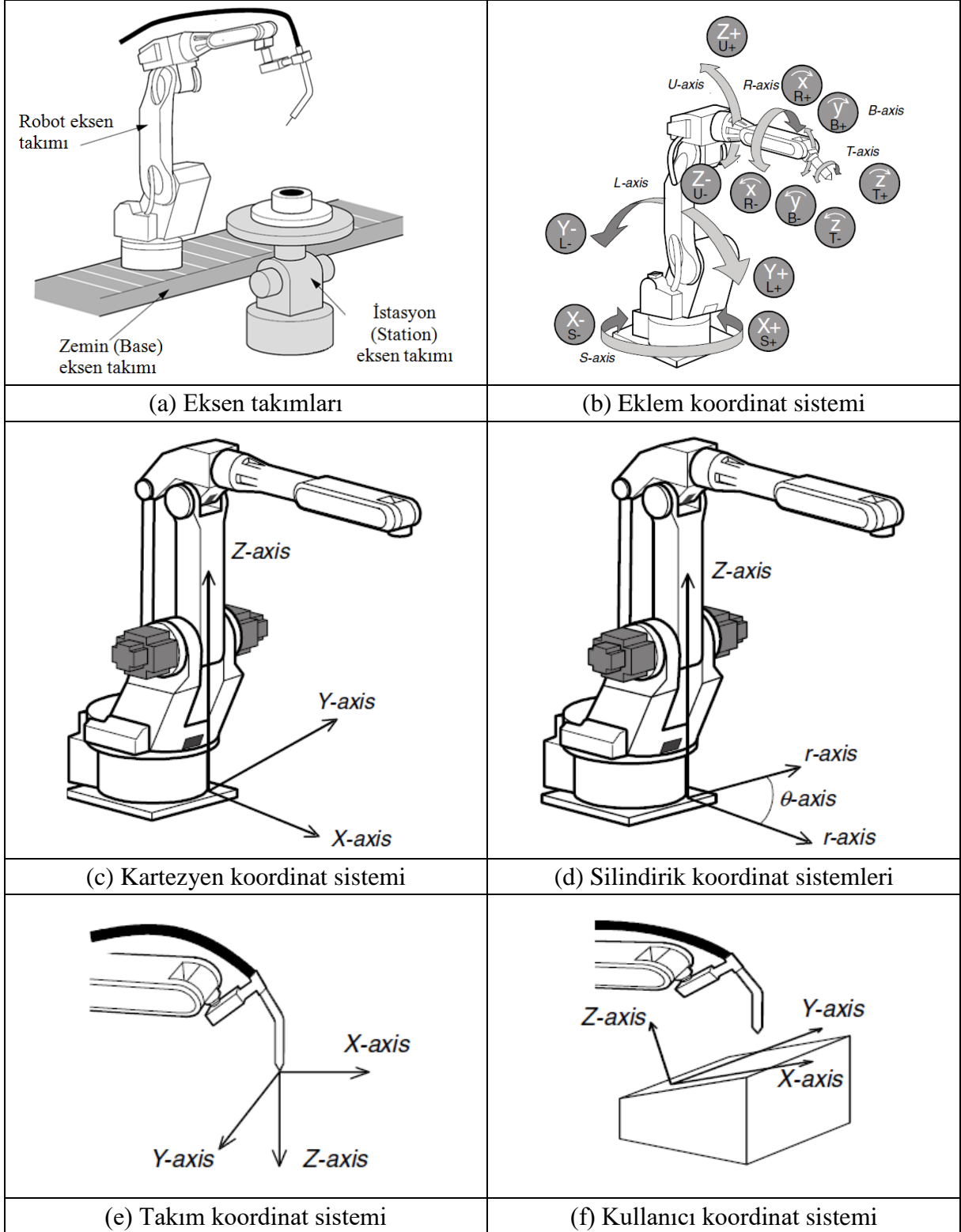


Şekil 2.7. Programlama kumandası menü ekran alanı.



Şekil 2.8. Programlama kumandası genel ekran alanı.

2.4. Robot Kol Koordinat Sistemleri



Şekil 2.9. Eksen takımları ve robot kol koordinat sistemleri.

2.4. Hareket Komutları

Motoman robot kolun programlanmasında 4 temel hareket komutumuz bulunmaktadır.

MOVJ = Serbest eksen hareketleri ile hareket

MOVL = Lineer hareket

MOVC = Dairesel hareket

MOVS = Eliptik hareket

Bir hareket komut satırının en genel hali ile şöyledir:

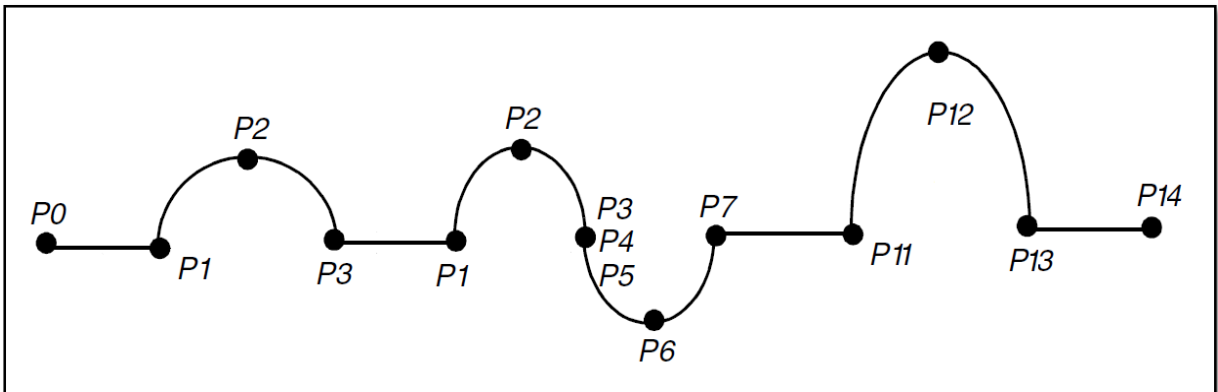
>> **MOVJ VJ = 50.00 PL = 0**

>> **MOVL V = 50.00 PL = 1**

>> **MOVC V = 50.00 PL = 2**

>> **MOVS V = 50.00 PL = 3**

- ❖ “MOVJ” hareket tipini ifade eder.
- ❖ “VJ” ise yüzde olarak hız değerini ifade eder.
- ❖ “PL” değeri ise hareket komutu ile gidilen hedef noktadan bir eğrisellik ile geçilip geçilmeyeceğini ifade eder. Keskin hareketler yapmak istemeyen kullanıcı, durak noktalardan yumuşak geçişler yapmak için bu ifadeye sayısal bir değer atayabilir. PL, 0 ile 4 arasında değer alabilmektedir ve sayı büyüdükçe eğrisellik artmaktadır.



Şekil 2.10. Noktalar arası hareket tipleri.

Tablo 2.3. Şekil 2.10'daki hareket için hareket tipi ve komutları.

Pozisyon	Hareket Tipi	Açıklama
P1	“Joint” veya “Linear”	MOVJ MOVL
P1 P2 P3	“Circular”	MOVC
P4	“Joint” veya “Linear”	MOVJ MOVL
P4 P5 P6	“Circular”	MOVC
P7	“Joint” veya “Linear”	MOVJ MOVL
P8 P9 P10	“Circle”	MOVC
P11	“Joint” veya “Linear”	MOVJ MOVL
P11 P12 P13	“Spline”	MOVS
P14	“Joint” veya “Linear”	MOVJ MOVL

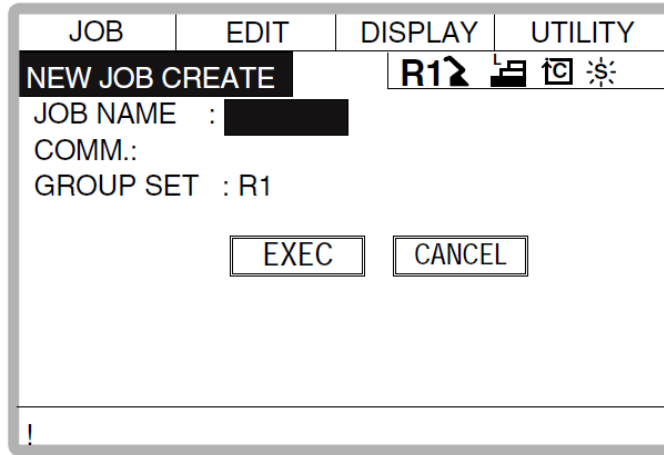
3. ROBOT KOLUN PROGRAMLANMASI

3.1. Robot Kolu Hareket Ettirme

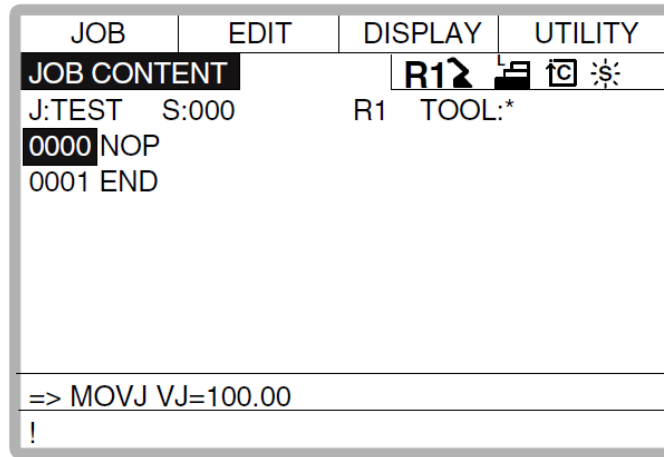
1. Öncelikle [Emergency Stop] butonu açıp kapatılarak çalışıp çalışmadığı kontrol edilir.
2. Yürütme paneli üzerindeki [Teach] butonuna basılarak robotun iki çalışma modundan biri olan “Teach Mode”a geçilir.
3. Yine yürütme paneli üzerindeki [Servo on Ready] butonuna basılarak servolar hazır hale getirilir.
4. Ardından el kumandası üzerindeki [Teach Lock] tuşuna basılır. Bu tuşa basıldığında tuş üzerindeki lamba yanacaktır ve robot sadece kumanda üzerinden kontrol edilebilecektir.
5. El kumandasının [Deadman Switch]+[Eksen tuşları] birlikte basılarak seçili olan koordinat sistemine göre robot kol hareket ettirilebilir.

3.2. Robot Kolun Programlanması (Teach Mode)

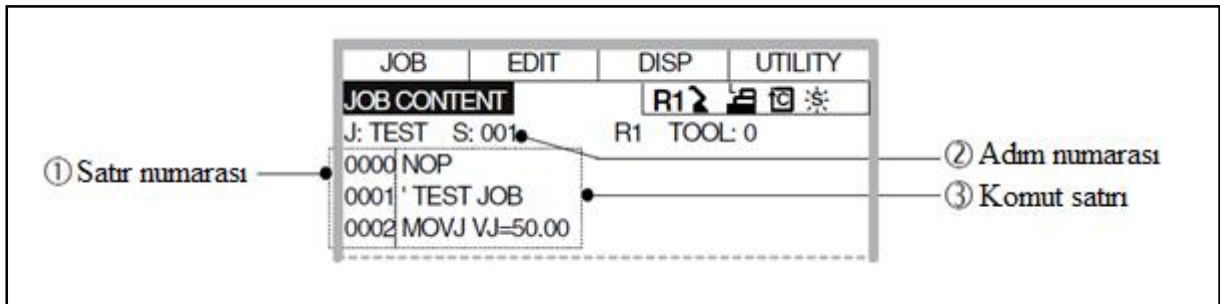
1. Öncelikle [Emergency Stop] butonu açıp kapatılarak çalışıp çalışmadığı kontrol edilir.
2. Yürütme paneli üzerindeki [Teach] butonuna basılarak robotun iki çalışma modundan biri olan “Teach Mode”a geçilir.
3. Yine yürütme paneli üzerindeki [Servo on Ready] butonuna basılarak servolar hazır hale getirilir.
4. Ardından el kumandası üzerindeki [Teach Lock] tuşuna basılır. Bu tuşa basıldığında tuş üzerindeki lamba yanacaktır ve robot sadece kumanda üzerinden kontrol edilebilecektir.
5. Kumanda ekranındaki “Ana Menü”den {Job} menüsüne [Select] tuşu ile girilir. Açılan alt menüde {Create New Job} seçilir.
6. Açılan pencerede “Job Name” alanına programın adı yazılarak [Enter] tuşuna basılır. Ardından “Exec” alanı seçilir. Her yeni program NOP ve END komutları ile açılır. Program bu iki komut arasında oluşturulur.



Şekil 3.1. Yeni programın isminin tanımlanması.



Şekil 3.2. Yeni bir programın ilk açıldığında görüntüsü



Şekil 3.3. Program içerisindeki öğeler.

Not: Yeni komut eklemek için ekranda satır numaralarının olduğu alana geçilmelidir. Her yeni komut bulunduğumuz satırın bir altına eklenecektir.

- Robot herhangi bir A noktasına götürülür. “0000” satır numarasının üstüne gelinir. “Motion Type” ile girdi ekleme satırındaki hareket komutu MOVJ olarak seçilir. [Deadman Switch]+[Insert]+[Enter] tuşlarına basılarak yeni nokta öğretilir. Noktayı

öğrendiğini uyarı sesinden anlarız. Komut satırının üstüne gelip, komutu seçerek hız ve diğer değişkenlerle ilgili ayarlamaları yapabiliriz.

8. Robot herhangi bir B noktasına götürülür. “0001” satır numarasının üstüne gelinir. “Motion Type” ile girdi ekleme satırındaki hareket komutu MOVL olarak seçilir. [Deadman Switch]+[Insert]+[Enter] tuşlarına basılarak başka bir nokta daha öğretilir.
9. “0003” satır numarasının üstüne gelinir. [Inform List] tuşuna basılarak komut listesi açılır, “Control” menüsündeki Jump komutu seçilir ve etiket ismi olarak “LABEL1” girilerek [Enter] tuşuna basılır. [Inform List] tuşuna tekrar basılarak komut listesi kapatılır. [Deadman Switch]+[Insert]+[Enter] tuşlarına basılarak komut eklenir.
10. “0000” satır numarasının üstüne gelinir. Komut listesi açılır. “Control” ün altındaki “Label” komutu seçilir. İsmi “LABEL1” olarak tanımlanır. Komut listesi kapatılır ve [Insert]+[Enter] tuşlarına basılarak komut eklenir.
11. [Deadman Switch]+[Interlock]+[Test Start] tuşlarına basarak, hazırlanan program döngü içerisinde yürütülebilir.

Bu programlama aşamasında hazırlanan kod şu şekildedir:

0000	NOP	
0001	*LABEL1	
0002	MOVJ VJ=50 PL=0	-> (A noktası)
0003	MOVL V=70 PL=0	-> (B noktası)
0004	JUMP *LABEL1	
0005	END	

Robot kol A noktasına serbest eklem hareketiyle gidecek, ardından lineer bir yol izleyerek B noktasına gidecektir. Tekrar A noktasına serbest eklem hareketiyle dönerek, bu döngüyü operatör robotu durdurana kadar devam ettirecektir.

3.2. Robot Kolun Otomatik Yürütülmesi (Play Mode)

1. Öncelikle [Emergency Stop] butonu açıp kapatılarak çalışıp çalışmadığı kontrol edilir.
2. El kumandası üzerindeki [Teach Lock] tuşu kapatılır. Bu tuşa basıldığında tuş üzerindeki lamba sönecektir.
3. Yürütme paneli üzerindeki [Play] butonuna basılarak robotun iki çalışma modundan biri olan “Play Mode”a geçilir.
4. Yine yürütme paneli üzerindeki [Servo on Ready] butonuna basılarak servolar hazır hale getirilir.
5. Ardından panel üzerindeki [Start] butonuna basılarak program yürütülür.

4. DENEY RAPORUNDA İSTENENLER

Aşağıda akış diyagramı verilen robot kol hareketinin programını yazınız ve izlenen prosedürü maddeler halinde açıklayınız. (PL değerini sıfır alınız.)

