

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**GRUP TOPLAMALI ASANSÖRLER İÇİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ  
SAĞLAYAN KUMANDA SİSTEMİ TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Nükte İŞILAK ÜNLÜ**

**Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Programı**

**ŞUBAT 2023**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**GRUP TOPLAMALI ASANSÖRLER İÇİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ  
SAĞLAYAN KUMANDA SİSTEMİ TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Nükte İŞILAK ÜNLÜ  
(504181123)**

**Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Salman KURTULAN**

**ŞUBAT 2023**



**ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL**

**CONTROL SYSTEM DESIGN PROVIDING ENERGY EFFICIENCY FOR  
GROUP-COLLECTED ELEVATORS**



**M. Sc. THESIS**

**Nükte IŞILAK ÜNLÜ  
(504181123)**

**Department of Control and Automation Engineering**

**Control and Automation Engineering Programme**

**Thesis Advisor: Prof. Dr. Salman KURTULAN**

**FEBRUARY 2023**



İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 504181123 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Nükte IŞILAK ÜNLÜ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “Grup Toplamalı Asansörler İçin Enerji Verimliliğini Sağlayan Kumanda Sistemi Tasarımı” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Prof. Dr. Salman KURTULAN**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**            **Doç. Dr. Yaprak Yalçın**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Ali Evren GÖKSUNGUR**  
Beykent Üniversitesi

**Teslim Tarihi**            : 30 Aralık 2022  
**Savunma Tarihi**        : 03 Şubat 2023







*Aileme,*



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans hayatım boyunca bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, bütün projelerde desteğini hissettiğim değerli tez danışmanım Prof. Dr. Salman KURTULAN’a içten teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca bana destek olan annem Feride Işılak ve babam Suat Işılak’a teşekkür ederim. Her zaman yanımda olan canım eşim Erman ÜNLÜ’ye ayrıca tez sürecinde içimde büyüyen kızımıza çok teşekkür ederim.

Şubat 2023

Nükte IŞILAK ÜNLÜ  
(Kontrol ve Otomasyon Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÖNSÖZ.....                                                          | vii       |
| İÇİNDEKİLER .....                                                   | ix        |
| KISALTMALAR .....                                                   | xi        |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                | xiii      |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                  | xiv       |
| ÖZET.....                                                           | xvii      |
| SUMMARY .....                                                       | xix       |
| <b>1. GİRİŞ.....</b>                                                | <b>1</b>  |
| <b>2. ASANSÖR SİSTEMLERİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>            | <b>2</b>  |
| 2.1 Asansör Sistemlerinin Gelişim Süreci.....                       | 2         |
| 2.2 Asansörlerin Sınıflandırılması.....                             | 5         |
| 2.2.1 Kullanım amacına göre sınıflandırılması .....                 | 5         |
| 2.2.2 Konstrüksiyon ve tahrik yapısına göre sınıflandırılması ..... | 7         |
| 2.3 Asansör Kontrol Sistemleri .....                                | 10        |
| 2.3.1 Tek kabin kontrollü sistemler .....                           | 10        |
| 2.3.2 Grup kontrollü sistemler .....                                | 11        |
| 2.4 Asansör Trafiği.....                                            | 12        |
| <b>3. ASANSÖR SİSTEMİNİN ELEMANLARI .....</b>                       | <b>16</b> |
| 3.1 Mekanik Elemanları .....                                        | 16        |
| 3.1.1 Asansör makinası .....                                        | 17        |
| 3.1.2 Asansör kabini.....                                           | 17        |
| 3.1.3 Kat kapıları.....                                             | 17        |
| 3.1.4 Karşı ağırlık.....                                            | 18        |
| 3.1.5 Tampon .....                                                  | 18        |
| 3.2 Elektrik Ve Kontrol Sistemi Elemanları .....                    | 19        |
| 3.2.1 Ana dağıtım panosu .....                                      | 19        |
| 3.2.2 Sensörler.....                                                | 21        |
| 3.2.3 Asansör çağrı paneli.....                                     | 22        |
| 3.2.4 ASI giriş ve çıkış kartları .....                             | 22        |
| 3.2.5 Haberleşme kartları .....                                     | 22        |
| 3.3 Güvenlik Sistemi Elemanları .....                               | 22        |
| 3.3.1 Acil durdurma butonları.....                                  | 22        |
| 3.3.2 Hız regülatörü ve mekanik fren .....                          | 22        |
| 3.3.3 Paraşüt tertibatı .....                                       | 23        |
| 3.3.4 Durdurma şalteri ve güvenlik kontakları .....                 | 23        |
| <b>4. GRUP TOPLAMALI ASANSÖRÜN KUMANDA SİSTEMİ.....</b>             | <b>24</b> |
| 4.1 Algoritmik Durum Makinası Yaklaşımı .....                       | 24        |
| 4.2 Çağrı Ekleme.....                                               | 26        |
| 4.3 Çağrı Kontrolü.....                                             | 26        |
| 4.4 Asansör Trafiği Problemi Çözümü .....                           | 26        |

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.1 Asansör ile yolcunun hareket yönlerinin ve rotalarınıncelenmesi ..... | 26        |
| 4.4.2 Asansör yük hesabı.....                                               | 29        |
| 4.4.3 Yolcunun toplam yolculuk süresi hesabı .....                          | 32        |
| 4.4.4 Asansör trafik hesabı ADM diyagramı .....                             | 36        |
| 4.4.5 Asansör trafik hesabı PLC fonksiyon bloğu .....                       | 37        |
| 4.5 Kabin Seçimi .....                                                      | 38        |
| 4.5.1 Kabin seçimi ADM diyagramı .....                                      | 38        |
| 4.5.2 Asansör kabini seçimi PLC fonksiyon bloğu.....                        | 39        |
| 4.6 Asansör Katları Arası Hareket Kontrolü .....                            | 40        |
| 4.6.1 Asansör hareket kontrolü ADM diyagramı .....                          | 41        |
| 4.6.2 Asansör hareket kontrolü PLC fonksiyon bloğu .....                    | 42        |
| 4.7 Kullanıcı Arayüzü Tasarımı .....                                        | 42        |
| <b>5. SONUÇ.....</b>                                                        | <b>44</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                       | <b>45</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                                        | <b>47</b> |



## **KISALTMALAR**

|             |                                   |
|-------------|-----------------------------------|
| <b>AKGS</b> | : Asansör Grup Kontrol Sistemleri |
| <b>ABK</b>  | : Asansör Bulunduğu Kat           |
| <b>HK</b>   | : Hedef Kat                       |
| <b>ÇK</b>   | : Çağrı Kat                       |
| <b>YÇ</b>   | : Yolcu Kat Çağrısı               |
| <b>YH</b>   | : Yolcu Hedef Katı                |
| <b>PLC</b>  | : Programmable Logic Controller   |
| <b>HMI</b>  | : Human Machine Interface         |
| <b>SCL</b>  | : Structured Control Language     |





## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 2.1:</b> Kapı genişliğine göre kapı açılma kapanma süreleri [4].               | 13 |
| <b>Çizelge 2.2:</b> Yolcu inme binme süreleri [4].                                        | 13 |
| <b>Çizelge 4.1:</b> Senaryo 1 toplam yolculuk süresi hesaplama çizelgesi.                 | 34 |
| <b>Çizelge 4.2:</b> Senaryo 2 toplam yolculuk süresi hesabının ilk aşamasının çizelgesi . | 35 |
| <b>Çizelge 4.3:</b> Senaryo 2 toplam yolculuk süresi hesaplama çizelgesi.                 | 35 |
| <b>Çizelge 4.4:</b> Senaryo 3 toplam yolculuk süresi hesaplama çizelgesi.                 | 35 |

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1: El kablosu ile kontrol edilen hidrolik asansör sistemi [2].              | 2  |
| Şekil 1.2: Buhar ile enerjilenen asansör sistemi.                                   | 2  |
| Şekil 1.3: Werner Von Siemens'in ilk elektrikli asansörü [3].                       | 3  |
| Şekil 1.4: Türkiye'deki ilk asansör.                                                | 4  |
| Şekil 2.1: İnsan ve yük asansörü.                                                   | 5  |
| Şekil 2.2: Maden kuyusu asansörü.                                                   | 6  |
| Şekil 2.3: Servis asansörü.                                                         | 6  |
| Şekil 2.4: Yatay asansörü.                                                          | 7  |
| Şekil 2.5: Halatlı Asansör [1].                                                     | 7  |
| Şekil 2.6: Paternoster asansör [1].                                                 | 8  |
| Şekil 2.7: Hidrolik asansör [1].                                                    | 8  |
| Şekil 2.8: Kremayer ve vidalı asansör [1].                                          | 9  |
| Şekil 2.9: Eğimli asansör [1].                                                      | 9  |
| Şekil 3.1: Örnek asansör tesisine ait mekanik bölümler.                             | 16 |
| Şekil 3.2: Çift ve tek kanatlı çarpma kapı [1].                                     | 17 |
| Şekil 3.3: Katlanabilir ve yana toplamalı kapı [1].                                 | 18 |
| Şekil 3.4: Ortadan açılır kapı [1].                                                 | 18 |
| Şekil 3.5: Yukarıdan kaymalı kapı [1].                                              | 18 |
| Şekil 3.6: Elastik yaylı ve hidrolik tampon [1].                                    | 18 |
| Şekil 3.7: Asansör tesisine ait ana dağıtım panosu.                                 | 19 |
| Şekil 3.8: PLC örneği.                                                              | 19 |
| Şekil 3.9: Servomotor sürücüsü ve servomotor çalışma şeması.                        | 20 |
| Şekil 3.10: Servo sürücü örneği.                                                    | 20 |
| Şekil 3.11: Kontaktör örneği.                                                       | 20 |
| Şekil 3.12: Röle örneği.                                                            | 20 |
| Şekil 3.13: Sensör çeşitleri.                                                       | 21 |
| Şekil 3.14: Manyetik sensör örneği.                                                 | 21 |
| Şekil 3.15: Acil durdurma butonu örneği.                                            | 22 |
| Şekil 3.16: Hız regülatörü çalışma.                                                 | 23 |
| Şekil 4.1: Kontrol ve veri işleyicisi ilişkisi.                                     | 24 |
| Şekil 4.2: Durum kutusu.                                                            | 24 |
| Şekil 4.3: Karar kutusu.                                                            | 25 |
| Şekil 4.4: Koşul kutusu.                                                            | 25 |
| Şekil 4.5: ADM bloğu.                                                               | 25 |
| Şekil 4.6: Kabin yönü kat çağrısına yaklaşan aynı pozitif yönde hareket görseli.    | 27 |
| Şekil 4.7: Kabin yönü kat çağrısından uzaklaşan aynı pozitif yönde hareket görseli. | 27 |
| Şekil 4.8: Kabin yönü kat çağrısına yaklaşan aynı negatif yönde hareket görseli.    | 28 |
| Şekil 4.9: Kabin yönü kat çağrısından uzaklaşan aynı negatif yönde hareket görseli. | 28 |
| Şekil 4.10: Kabin pozitif yönlü ve kat çağrısına ters yönlü hareket görseli.        | 28 |

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Şekil 4.11:</b> Kabin negatif yönlü ve kat çağrısına ters yönlü hareket görseli. ....          | <b>29</b> |
| <b>Şekil 4.12:</b> Senaryo 1 yolcu için asansör yükü hesabı için asansör ve yolcu bilgileri. .... | <b>30</b> |
| <b>Şekil 4.13:</b> Senaryo 1 yolcu için asansör yükü hesabı için asansör ve yolcu bilgileri. .... | <b>31</b> |
| <b>Şekil 4.14:</b> Asansör hareket grafiği. ....                                                  | <b>32</b> |
| <b>Şekil 4.15:</b> Asansör trafik hesabı ADM diyagramı. ....                                      | <b>36</b> |
| <b>Şekil 4.16:</b> Asansör süre hesabı fonksiyon bloğu. ....                                      | <b>37</b> |
| <b>Şekil 4.17:</b> Kabin seçimi ADM diyagramı. ....                                               | <b>38</b> |
| <b>Şekil 4.18:</b> Asansör kabini seçimi fonksiyon bloğu. ....                                    | <b>39</b> |
| <b>Şekil 4.19:</b> Asansör kabini hareketi ADM diyagramı. ....                                    | <b>41</b> |
| <b>Şekil 4.20:</b> Asansör hareket kontrolü fonksiyon bloğu. ....                                 | <b>42</b> |
| <b>Şekil 4.21:</b> Asansör kumanda sistemi kullanıcı arayüzü ekranı. ....                         | <b>43</b> |





## **GRUP TOPLAMALI ASANSÖRLER İÇİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ SAĞLAYAN KUMANDA SİSTEMİ TASARIMI**

### **ÖZET**

Asansörlerin insanları veya yükleri bir yerden bir yere taşımasının yanında verimli ve konforlu çalışarak bulunduğu binaya ve kullanıcılara fayda sağlaması beklenir. Verimli çalışma kriterlerinden bir tanesi enerji tasarrufudur. Enerji tasarrufu çeşitli şekillerde sağlanmaktadır. Asansörü belirli yük ile en az enerji harcayacak şekilde çalıştırılabilir. Her katta istenilen yolcu sayısını elde etmek için yolcuları bekletmek gerekmektedir. Bu durum kullanıcıların bekleme sürelerini artıracaktır. Diğer enerji tasarruf yöntemi ise yolculuk süresini kısaltmaktır. Zamanla yarışılarak işlerin yetiştirildiği günümüzde zamandan tasarruf ederken enerjiden de tasarruf etmeyi hedeflemek en optimal çözüm olmaktadır.

Enerji tasarrufu yapmak için binanın ihtiyacına uygun asansör seçimi yapılması gerekmektedir. Binayı kullanan kişilerin davranışları ve bina tipi incelenerek ve bina trafiği analiz edilmektedir. Analiz sonucunda asansörlerin kapasiteleri ve çalışma şekilleri belirlenmektedir. Yolcu sayısı az ise asansör tek çağrı asansör sistemi tercih edilmektedir. Verimliliği artırmak için tek kabinli otomatik toplamalı kontrol sistemleri de seçilmektedir. Asansörlerin yoğun olarak kullanıldığı binalarda yolculuk süresini kısaltmak için çeşitli çözümler kullanılmaktadır. Asansör kabin sayısı artırılmaktadır. Enerji tasarrufu sağlamak için bu kabinler yan yana konumlandırılarak grup halinde çalıştırılmaktadır. Asansörler çeşitli şekilde grup olarak kumanda edilmektedir.

Bu bitirme projesinde Siemens PLC ile Siemens TIA Portal programı kullanılarak grup asansörü kontrolü yapılmıştır. Asansör çağrı panelleri katlarda bulunmaktadır. Her asansör kullanıcısının kendine ait asansörü çağırma kartı bulunmaktadır. Asansör kullanıcısı katta bulunan çağrı panelinden hedef noktasını seçmektedir. Program kabinlerin kat atamaları incelenerek kullanıcıyı en kısa sürede hedefe götürecek kabini kullanıcıya atanmaktadır. Kullanıcıya atanan kabin çağrı panelinin üzerindeki gösterge ile gösterilmektedir.

PLC programının diyagramı algoritmik durum makineleri yaklaşımı ile oluşturulmuştur. Grup asansörü kontrolü problemi çözülürken asansör kabinlerinden en uygun olanının seçilmesi ve asansörün hedef noktalarına en verimli şekilde ulaşması gerekmektedir. Grup halinde asansörleri çalıştırmak, asansör trafiği probleminin çözümüne olanak sağlar. Asansörün hedef noktalarına en verimli şekilde ulaşmasını sağlamak için asansör hareket kumandasının tasarımı yapılmıştır. Asansör kabin seçimi probleminin çözümünde ilk olarak asansör kabinlerinin yük bakımından uygunluğu kontrol edilmektedir. Yük uygunluğu, kullanıcının asansör yolculuğu sırasında asansör kabininde maksimum kaç kişi olacağı hesaplanarak değerlendirilmektedir. Daha sonra uygun asansör kabinleri ile kullanıcının toplam yolculuk süresi hesaplanmaktadır. Kullanıcı en kısa sürede hedefe ulaşacağı asansör

kabinine yönlendirilmektedir. Asansörün katlara sırası ile gitmesini, asansör kapılarının doğru zamanda açılıp kapanmasını, arıza durumlarında asansörün durdurulmasını asansör hareket kumandası birimi yapmaktadır. Sonuç olarak asansör kabinlerinin hareket güzergahları ve kullanıcıların rotaları değerlendirilerek en kısa sürede yolculuk yapmaları sağlanmaktadır. Böylece, enerji verimli şekilde kullanılarak grup toplamalı asansör kumandası gerçekleştirilmiş olur.



# **CONTROL SYSTEM DESIGN PROVIDING ENERGY EFFICIENCY FOR GROUP-COLLECTED ELEVATORS**

## **SUMMARY**

Elevators are expected to provide benefits to the building and users by working efficiently and comfortably while carrying people or loads from one place to another. One of the efficient working criteria is energy saving. Energy saving is achieved in various ways. One of the energy saving methods is to operate the elevator with a certain load in a way that consumes the least energy. Running with a certain load will increase the waiting times of the users. Another energy saving method is to shorten the journey time. The concept of time and speed is very important today. Aiming to save energy while saving time is the most optimal solution.

In order to save energy, it is necessary to choose an elevator suitable for the needs of the building. The behavior of the people using the building and the building type are examined and the building traffic is analyzed. As a result of the analysis, the capacities and working styles of the elevators are determined. If the number of passengers is low, the elevator single call elevator system is preferred. In order to increase efficiency, control systems with single cabin automatic collection are also selected. Various solutions are used to shorten the journey time in buildings where elevators are used extensively. The number of elevator cabins is increased. In order to save energy, these cabins are positioned side by side and operated as a group. Elevators are controlled as a group in various ways.

In this graduation project, elevators cabins are controlled as a group by using Siemens PLC and Siemens TIA Portal program to save energy. Since the elevator cars are operated as a group according to the target floor information, the elevator call panels where the target floors are defined are located on the floors. Each elevator user has a unique elevator calling card. The elevator user selects the target point from the call panel on the floor. The floor assignments of the program cabins are examined and the cabin that will transport the user to their destination as soon as possible is assigned to the user. The cabin assigned to the user is indicated by the indicator on the call panel.

The diagram of the PLC program was created with the algorithmic state machines approach. While solving the group elevator control problem, it is necessary to choose the most suitable elevator car and reach the target points of the elevator in the most efficient way. When the movement directions of the elevator and the passenger are similar and the floor information of the elevator and the call floor of the passenger are the same, the passenger gets on the elevator. When the passenger in the elevator arrives at the target floor, they get off the elevator. Especially in determining the target floor of the elevator, the knowledge of whether the passenger is inside or outside the elevator and the direction of the elevator are of great importance. This information is also used in calculations. Operating elevators in groups allows to solve

the elevator traffic problem. In order to ensure that the elevator reaches its target points in the most efficient way, a group-collecting elevator control system has been designed.

The control process starts when the passenger presses the call button. Called floors are listed in the call list until floor assignments are made. The call floor of the passenger and the destination floor of the passenger are written in the call list. In order to be able to select the elevator cabin, the information of the first passenger in the call list and the direction of movement of the passenger are transferred to the elevator load and travel time calculation module. The cabin to be used by the passenger who has been assigned a cabin is displayed to the user for 3 seconds with the instrument panel on the floor. After 3 seconds, the user's request and the cabin information to be used are deleted from the screen. After this information is deleted, the new passenger can make a new call by selecting the destination floor from the same field.

In solving the elevator cabin selection problem, first of all, the suitability of the elevator cabins in terms of load is checked. Load suitability is evaluated by calculating the maximum number of people in the elevator cabin during the user's elevator journey. In solving the elevator cabin selection problem, first of all, the suitability of the elevator cabins in terms of load is checked. Load suitability is evaluated by calculating the maximum number of people in the elevator cabin during the user's elevator journey. While calculating the maximum number of people in the elevator during the user's journey, the behavior of the passengers getting on and off the elevator during the process from the user's call floor to the arrival floor is modeled. The passenger list is checked one by one on each floor. If the person on the passenger list is in the elevator or getting on the elevator from that floor, one person is added to the number of people in the elevator. If the passenger is in the elevator and will get off the elevator on that floor, one person is deducted from the number of people in the elevator. After this process is done for all floors on the passenger departure route, the floor with the highest number of people is determined. If this value does not exceed the maximum capacity of the elevator, the elevator is suitable for the load that will carry the passenger.

The total travel time of the user is calculated for the elevator cabins whose load capacity is suitable for carrying the new passenger. The total travel time is the time from the moment the call is made until the passenger arrives at the destination floor. Therefore, the movement route of the elevator in the process of going from the floor where the elevator is located to the target floor of the passenger is modeled. Meanwhile, other passengers on the elevator route can get off the elevator and get on the elevator. Therefore, other passengers with a stop on this route are determined. The time the elevator spends during the stop and take off is different from the time it spends in the process of moving directly. In addition, the elevator cabin door is opened and closed, and the passenger has time to get on and off the elevator cabin. By using these time values with the journey route of the elevator, the total travel time is obtained. Total travel time calculations are made for all elevator cabins. By comparing the journey times of the elevator cabins, the cabin that gives the shortest time is determined. The user is directed to the elevator car, where he will reach the destination as soon as possible.

The elevator motion control module makes the elevator go to the floors sequentially, the elevator doors open and close at the right time, and the elevator stops in case of



malfunctions. If a new passenger is assigned while the elevator car is empty and stationary, the floor that the new passenger calls become the target floor of the elevator. If there are passengers inside the elevator car, the elevator car determines the target floor while the doors of the elevator are closing before it starts moving. While determining the target floor of the elevator, the floors in the direction of movement of the elevator cabin are looked at one by one. When the call of the passenger who is not inside the elevator or the destination stop of the passenger who is inside the elevator cabin is found, this stop is selected as the target stop. The elevator cannot be moved until the doors of the elevator cabin are closed. When the elevator car is stopped and the floor sensor is active, the elevator doors are opened. In case of fault and overload, alarm information is given.

As a result, the movement routes of the elevator cabins and the routes of the users are evaluated, and it is ensured that they travel in the shortest time and safely. Thus, the elevator cabins working as a group are controlled by PLC using energy efficient. Control and monitoring can be done via the HMI screen.





## 1. GİRİŞ

Yüksek katlı binalarda, iş merkezlerinde, lojistik depolarda asansör sistemlerinin önemi fazladır. Asansör sistemleri hayatı kolaylaştırmak için zorunluluk haline gelmiştir. Asansör sistemlerinin çalışma performansı kullanıcılar için büyük önem taşımaktadır.

Asansör sistemlerinin tarihine bakıldığında ilk asansörler insan gücü ile çalışmaktadır. Günümüzde çeşitli algoritmaların bulunduğu kontrol sistemleri ile asansörler kontrol edilmektedir. Teknolojik ve kontrol alanındaki gelişmeler asansör sistemlerinin gelişmesine de katkı sağlamıştır.

Belirli performans kriterleri ile ürünler veya kişiler asansör sistemleri ile bir kattan hedef kata taşınır. Asansör sistemlerinde hedef kat çağrısı iki farklı şekilde yapılmaktadır. Bazı asansör sistemlerinde hedef kat seçme paneli asansör kabinin içindedir ve kat holünden sadece aşağı veya yukarı yön seçilmektedir. Diğerlerinde ise hedef kat seçme paneli kat holündedir.

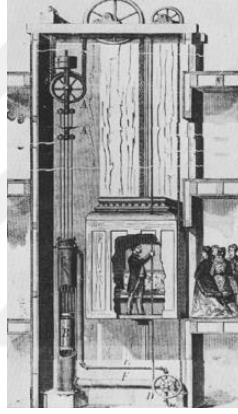
Asansör sistemleri ihtiyaca göre tekil veya grup halde kontrol edilmektedir. Tekil asansör sistemlerinde her asansör kendi çağrılarına cevap vermektedir. Asansör grup kontrol sistemlerinin (AGKS) çalışma algoritması, asansör kabinlerini tek bir yerden kat çağrılarına ve asansör kabinlerinin mevcut durumuna göre kontrol etmektedir. Gelişen teknoloji ile her geçen gün daha efektif algoritmalar ile asansör sistemleri çalıştırılmaktadır.

## 2. ASANSÖR SİSTEMLERİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### 2.1 Asansör Sistemlerinin Gelişim Süreci

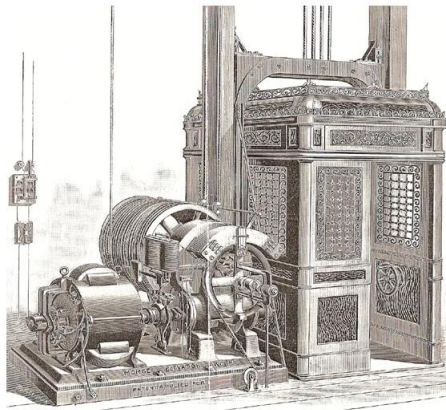
Asansör, dikey veya dikeye yakın düzlemde yolcuları ve yükleri belirli bir duraktan hedef durağa taşıyan sistemdir.

Asansör sisteminin temelleri Arshimed tarafından M.Ö. 236 yılında geliştirilen elle çalıştırılan kaldırma makinesine dayanmaktadır [1].



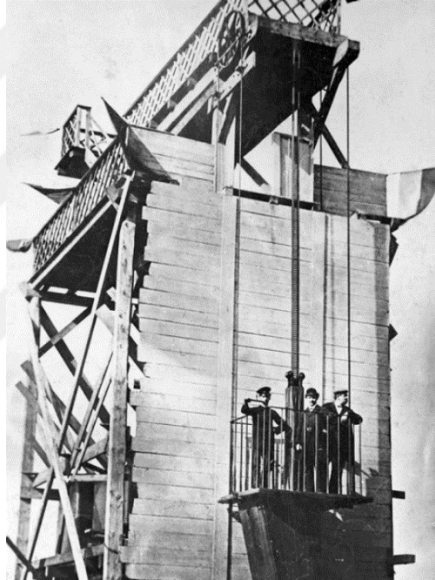
**Şekil 1.1:** El kablosu ile kontrol edilen hidrolik asansör sistemi [2].

1743 yılında Versailles Sarayı'na Fransız Kralı XV. Louis için insan gücü yardımıyla çalışan yolcu asansörü yapılmıştır. İngiltere'de 1830 yılında hidrolik tahrik ile çalışan yük asansörü, 1835 yılında kayışlı ve buhar makinesi ile çalışan yük asansörü üretilmiştir.



**Şekil 1.2:** Buhar ile enerjilenen asansör sistemi.

1853 yılında Elisha Graves Otis tarafından asansör emniyet freni icat edilmiştir ve New York'ta bulunan Crystal Palace'a düşmeye karşı emniyet sistemi bulunan asansör yapılmıştır. 1857 yılında Otis buhar makinesi ile çalışan ilk insan asansörünü New York'ta iş merkezinde hayata geçirmiştir. 1867 yılında ilk hidrolik sistemle çalışan asansör Paris'te Leon Edoux tarafından anlatılmıştır. Bu sistem bir yıl sonra New York'ta bir iş hanına kurulmuştur. 1878 yılında endirekt hidrolik sistemli ve halatlı hız regülatörlü asansör paraşüt düzenine sahip asansörler Otis firması tarafından geliştirilmiştir. 1879 yılında ilk grup asansörleri yine otis tarafından yapılmıştır. 1880 yılında ilk elektrikli asansör Siemens ve Halske firması devreye alınmıştır. Aynı yıl Werner Von Siemens ilk kramayer mekanizmalı elektrikli asansörü bir binaya kurmuştur.



**Şekil 1.3:** Werner Von Siemens'in ilk elektrikli asansörü [3].

1889 yılında Paris'teki Eiffel kulesine kulenin şekline uyumlu 3 kademeli 7 dakikada insanları kulenin yukarısına taşıyacak hidrolik asansörler kurulmuştur. Aynı yıl Otis sonsuz vida üzerinde hareket eden ve halat tamburuna sahip elektrik motoru ile çalışan asansörü üretmiştir. 1894 yılında Otis firmasında basma düğmeli kumanda üretilmiştir. 1900 yılında New York'ta redüktörsüz asansör Fransız De Bueren tarafından kurulmuştur. 1904 yılında tahrik kasnaklı redüktörsüz asansör yapmıştır [1].

1850 ile 1890 yılları arasında buhar ve hidrolik tahrik ile çalıştırılan ilk asansör sistemlerinde kumanda aracı olarak bir kablo hareket ettirilerek valfe komut verilmiştir. 1890 ile 1920 yılları arasında elektrik ile çalışan asansörlerin ortaya

ıkmasıyla operatörlerin kullanması için aşağı yukarı komutları veren anahtar devresi tasarlanmış ve asansör bu sistem ile kontrol edilmiştir. 1920 ile 1950 yılları arasında Operatör ve düğmeli kontrol sistemi geliştirilip kullanılmıştır. 1950 ile 1975 yılları arasında asansörler için kontrol sistemine sinyal sistemleri eklenerek operatörün talepleri alabileceğı bir sistem oluşturularak grup kontrolü yapılmıştır. 1975 yılından itibaren bilgisayar esaslı grup kontrolü algoritmaları geliştirilmektedir. 1980 yıllarından itibaren yapay zeka uygulamaları geliştirilmektedir [2].

Dünya genelinde gelişmeler bu şekilde iken Osmanlı Devleti'nde ilk asansör Pera Palace Oteline kurulmuştur. Elektrik enerjisi ile çalışan bu asansör 1892 yılında devreye alınmıştır. Günümüze kadar korunmuş ve aktif olarak hizmet vermektedir.



**Şekil 1.4:** Türkiye'deki ilk asansör.

Ayrıca PLC ile de asansör sistemleri kontrol edilmektedir. Özellikle endüstriyel alanlarda PLC ile kontrolün birçok avantajı vardır. Örneğın PLC aracılığı ile çeşitli cihazlardan veri alınıp asansör sisteminde farklı optimizasyon algoritmaları geliştirilebilir. PLC'ler nesneye yönelik programlama yazılımları ile desteklenebilmektedir. Genetik algoritma ile asansör kontrol sistemlerinin simülasyonu ve optimizasyonu gibi çalışmalar günümüz PLC'leri ile kolayca gerçekleştirilebilir.

## 2.2 Asansörlerin Sınıflandırılması

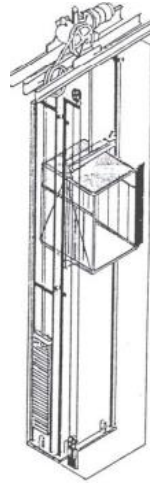
Asansör sistemi, düşey yönlü taşıma sistemidir. Bu sistem, kullanım amacına ve konstrüksiyon ve tahrik yapısına göre sınıflandırılabilir.

### 2.2.1 Kullanım amacına göre sınıflandırılması

Asansör sistemleri kullanım amaçlarına göre 5 farklı sınıfta incelenmektedir. Bunlar insan asansörü, yük asansörü, maden kuyusu asansörü, servis asansörü, yatay asansördür [4].

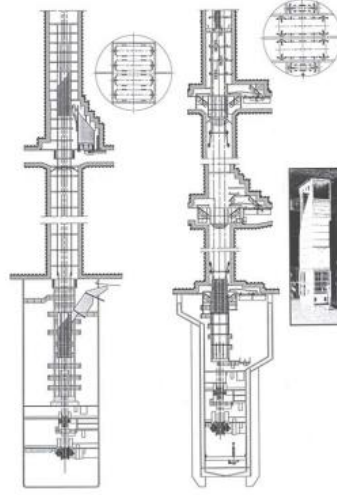
İnsan asansörü, insanların konforlu bir şekilde taşınmasını amaçlayan asansörlerdir. Üç ayrı sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar sınıf I, sınıf II sınıf III asansörleridir. Sınıf I asansörleri esas olarak insan taşımak amacıyla tasarlanmaktadır. Beyan yüküne göre insana ek yük veya araç taşıyabilmektedir. 450 kg beyan yüklü asansör kabinleri sadece insan taşımak için uygundur. Beyan yükü 630 kg olan kabinler tekerlekli sandalyeler ve çocuk arabaları için de kullanılmaktadır. Beyan yükü 1000 kg olan asansör kabinleri ile insanların yanında büyük ve orta boy kabinler, tabut, mobilya taşıyabilmektedir. Sınıf II asansörleri, konut dışı alanlarda beyan edilen yüke göre kullanılmaktadır. Sınıf I ve sınıf III asansörleri özelliklerini taşıyabilmektedir. Sınıf III asansörleri, sedye taşımak gibi özel amaçla kullanılan asansörlerdir. 1600 ile 2000 kg yüke göre çalışması uygundur [5].

Yük asansörü, genellikle yük taşımak için kullanılsa da bazı yük asansörü tiplerini insan kullanabilmektedir. Taşıdığı yük miktarı önemli olan az hızlı ve basit yapılı asansörlerdir [1].



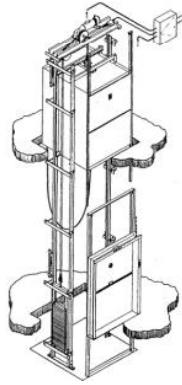
**Şekil 2.1:** İnsan ve yük asansörü.

Maden kuyusu asansörü, yer altından maden, maden filizi ve porselen çıkarmak için kullanılan düşey doğrultuda çalışan büyük kapasiteli, yüksek hızlı, sade asansörlerdir. Maden kuyusu asansörlerinin standartları normal asansör standartlarından farklı tanımlanmaktadır.



**Şekil 2.2:** Maden kuyusu asansörü.

Servis asansörü, taşıma kapasitesi 1500 kg'a kadar ulaşabilmektedir. Lokantalarda ve sağlık kuruluşlarında kullanılan servis asansörleri korozyona karşı dayanıklı ve temizlenmesi kolay ürünler ile yapılmaktadır. Ayrıca çeşitli iş yerleri ve evlerde kullanılmaktadır. İnsan boyutuna göre çok küçüktür. Tamburlu tahrik sistemi ile çalışmaktadır.

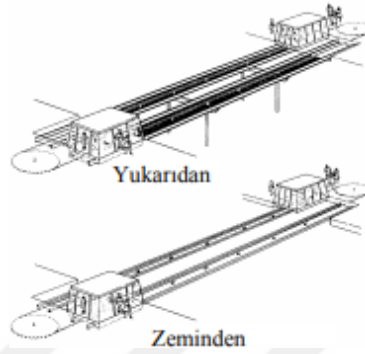


**Şekil 2.3:** Servis asansörü.

Yatay asansör, otomatik insan taşıma sistemi olarak havaalanı, hastane ve okullarda insanları taşıyan sistemdir. Bu sistem otomatik taşıma sisteminin İngilizce karşılığı olan automated people movers kelime grubunun ilk harflerinden oluşan APM olarak da bilinmektedir.



APM sistemler, raylı yollar üzerinde hareket eden sistem bir veya birden çok birimden oluşmaktadır. Saatte 2000 ile 25000 arasında değişen taşıma kapasitesine sahip olup sürücüsüz otomatik çalışan sistemdir. Bu sistemlerin ivmeleri insanları rahatsız etmeyecek seviyede olup 90 km/h hız yapabilmektedir.

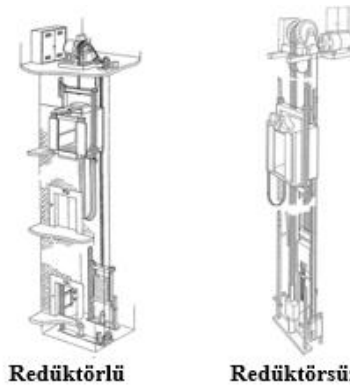


**Şekil 2.4:** Yatay asansörü.

### 2.2.2 Konstrüksiyon ve tahrik yapısına göre sınıflandırılması

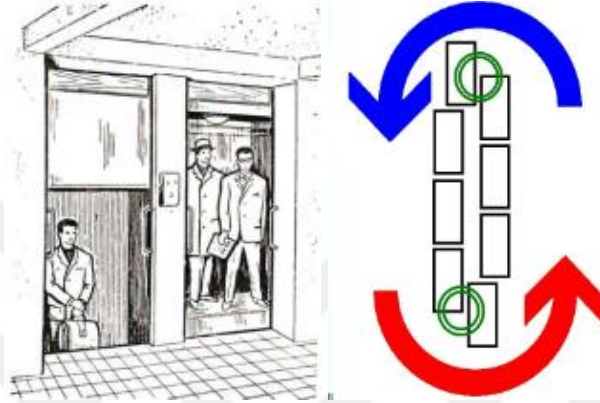
Asansör sistemleri konstrüksiyon ve tahrik yapısı Serdar Tavaslıoğlu'nun 'Asansör Uygulamaları' kitabına göre anlatılmaktadır. Asansör sistemleri konstrüksiyon ve tahrik yapısına göre 5 farklı sınıfta incelenmektedir. Bunlar halatlı asansör, paternoster, hidrolik, krema yerli ve vidalı ve eğimli(tırmanan) asansör sistemleridir.

Halatlı asansör sistemleri tamburlu veya tahrik kasnaklı çalışır. Tamburlu sistemler insan taşımaya uygun değildir. Bunun sebebi en az 2 adet sargı sarılması gerekirken tamburlu sistemlerde 1 adet sargı sarılmaktadır. Kısa mesafeli servis asansörlerinde tamburlu sistemler kullanılabilir. Tahrik kasnaklı halatlı asansörler yaygın kullanılır, kurulun maliyetleri düşüktür. Tahrik kasnaklı halatlı asansörler redüktörlü veya redüktörsüz çalıştırılır.



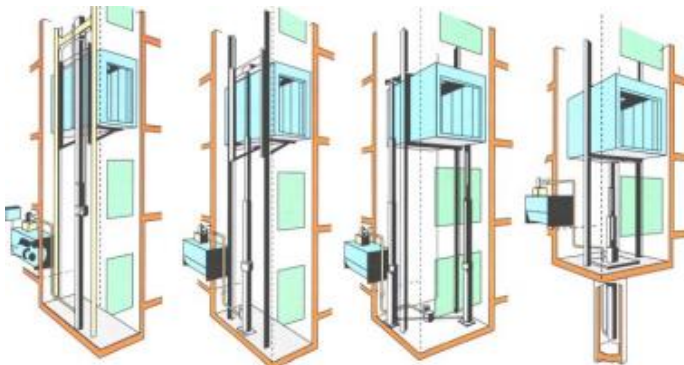
**Şekil 2.5:** Halatlı Asansör [1].

Paternoster asansörler, en fazla 0,3 m/s hıza sahip sürekli hareket halinde olan sıralı kabinler grubudur. Bir taraf alt katlara gidiş diğer taraf üst katlara çıkış yapar. Kabinlerde kapı bulunmamaktadır hareket ederken asansöre binilip inilir. Asansör duruş kalkış yapmadığı için asansörün yavaşlama ve hızlanma süresi gibi bir zaman kaybı yoktur. Ayrıca yolcular asansör hareket ederken bindiği için yolcuların inme binme süreleri de yoktur. Bu açıdan değerlendirildiğinde süre kayıpları çok azdır. Maliyeti yüksektir.



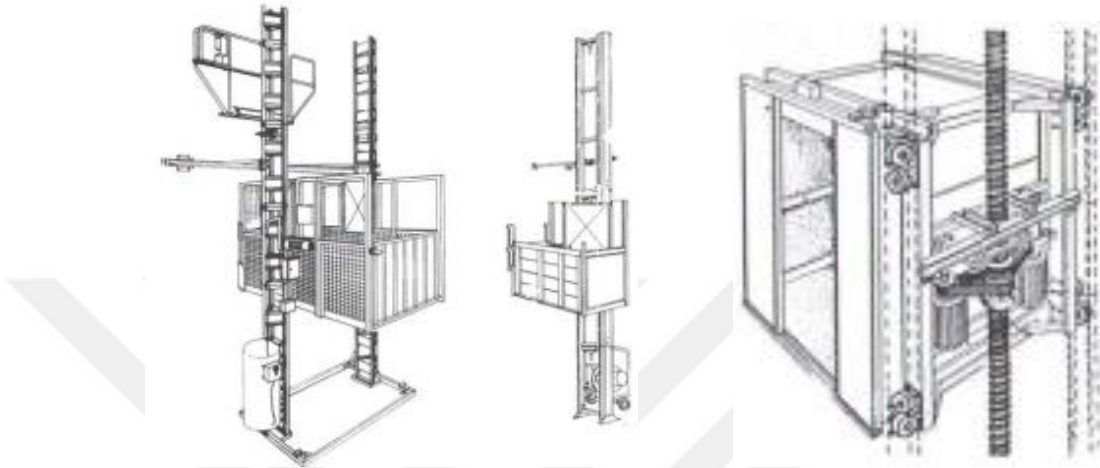
**Şekil 2.6:** Paternoster asansör [1].

Hidrolik asansörler indirekt veya direkt pistonlar ile çalıştırılır. İndirek sistemler yüksek hızlarda daha avantajlıdır. Direkt pistonlar yandan veya merkezden olarak ikiye ayrılır [4]. Hidrolik asansörlerin makine dairesi, binanın herhangi bir katına koyulabilmektedir. Villa ve apartmanlarda çatı katında asansör makine dairesi istenmediği durumlarda hidrolik asansör tercih edilmektedir. Bu asansörler en çok altı yedi katlı yapılmaktadır. Tercih edilme sebeplerinden bir tanesi de halatlı asansörlere göre enerji maliyetleri yüksek olmasına rağmen servis ve tesis maliyetlerinin daha düşük olmasıdır [6].



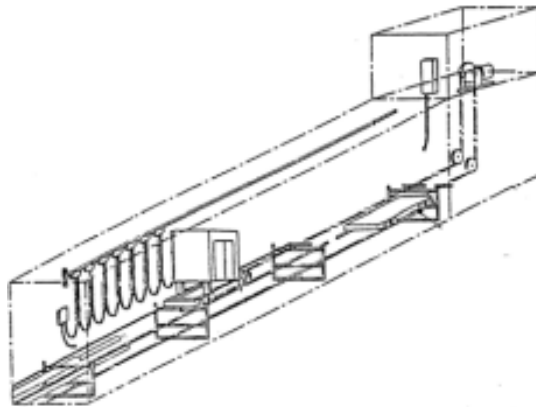
**Şekil 2.7:** Hidrolik asansör [1].

Kremayer ve vidalı asansörler, bu asansörler kremayer veya vidalı mil mekanizması ile hareket ettirilmektedir. Kremayerli asansörler genellikle dış cephelerde kullanılmaktadır. Kremayer boyu uzatılabildiği için inşaat yüksekliğine göre asansörseyir mesafesi artırılabilir. Vidalı asansörler vidalı mil ile hareket ettirilir, üzerindeki otoblokajdan dolayı asansörün düşme tehlikesi yoktur [4].



**Şekil 2.8:** Kremayer ve vidalı asansör [1].

Eğimli asansörler, 90°'den daha farklı açıda hareket eden insan ve yük taşıyan asansör sistemleridir. Eğimli binalarda, dik ve eğimli yamaçlarda kullanılmaktadır. Ancak eğimli asansörler diğer asansör çeşitlerine göre daha fazla alan kaplamaktadır ve özel donanımlar gerektirmektedir. 7°'den daha eğimli asansörler yolcuların etkilenmemesi için düşük hız ile hareket ettirilmektedir [1].



**Şekil 2.9:** Eğimli asansör [1].

## 2.3 Asansör Kontrol Sistemleri

Asansör kontrol çalışmalarının esas aldığı temel kabuller vardır. Bunlar asansör içindeki yolcunun hedef katından geçerken durmak zorundadır. Asansör hareket yönünde hedef katların bulunduğu sırayla durmaktadır. Yukarı yönde hareket ederken kat numarası artmaktadır, aşağı yönde hareket ederken kat numarası azalmaktadır. Asansöre ters çağrı yapıldıysa aşağı yönlü çağrılara en yukarıdan, yukarı yönlü çağrılara en aşağıdan itibaren cevap verilmektedir [7].

Asansör kontrol sistemleri, kontrol edilen asansör kabin sayısına göre tek kabin kontrolü ve grup kontrollü olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

### 2.3.1 Tek kabin kontrollü sistemler

Tek çağrılı sistemler, en basit asansör kontrol yöntemidir. Sistem yolcu tarafından kontrol edilmektedir. Yolcu gideceği katı asansör kabini içinde belirtmektedir. Bu sistemler bina trafiğinin az olduğu yerlerde tercih edilmektedir. Asansör sistemi düşük yolcu kapasitesiyle veya tek kişi ile çalışmaktadır. Asansör direkt hedef kata gitmektedir. Asansör bekleme süresi uzun sürmektedir.

Tek kabinli diğer asansör kontrol sistemi ise otomatik toplamalı kontrol sistemidir. Bu sistemde kabin hareket rotasındaki aynı yönlü çağrılara cevap vermektedir. Bu kontrol sistemi üç gruptan oluşmaktadır. Bunlar yönsüz toplamalı kontrol sistemi, aşağı toplamalı kontrol sistemi ve yönlü toplamalı kontrol sistemidir.

Yönsüz toplamalı kontrol sistemi, yolcu katta bulunan çağrı butonu ile yön belirtmeksizin asansör için talep oluşturmaktadır. Asansör bu yolcunun katına geldiğinde bu yolcuya ait talebi siler. Yolcu asansöre binerken asansörün yönünü kontrol eder. Asansör yönü ile yolcunun gitmek istediği yön farklı ise yolcu asansöre binmeyip asansör hareket ettirdikten sonra tekrar çağrı butonuna basabilir. Yolcu asansör yönü farklı olmasına rağmen asansöre binip asansör içinde önce ters yönde hareket edip daha sonra hedef katına ulaşabilir.

Aşağı toplamalı kontrol sistemi, yukarı dağıtma ve aşağı toplamalı kontrol sistemi olarak da adlandırılmaktadır. Bu sistemde de katta sadece çağrı butonu bulunmaktadır. Giriş katından yukarı katlara doğru trafik akışı olan binalar için uygundur. Giriş kattan yapılan çağrılar yukarı yönlü diğer çağrılar ise aşağı önlü kabul edilmektedir. Asansör giriş katından yukarı doğru çağrılara cevap verir. Çağrı

yapılan en üst kata kadar yukarı yönlü hareket eder. Sonra en üst kattaki çağrıyı cevapladıktan sonra aşağı yöne döner.

Yönlü toplamalı kontrol sisteminde her katta aşağı ve yukarı yön butonları bulunmaktadır. Bu butonlar ile hedef yön belirtilerek çağrı yapılmaktadır. Asansör kabini hareket yönündeki çağrılara cevap verir. Hareket yönündeki son kata hizmet verdikten sonra yön değiştirir ve aynı yönlü çağrılara cevap vermeye devam eder [8].

### **2.3.2 Grup kontrollü sistemler**

Tek asansör kabininin yetersiz kaldığı yolcu trafiği yüksek olan binalarda birden fazla kabin yan yana koyulmaktadır. Her kabin için çağrı butonu olursa tek yolcu bütün çağrı butonlarına basabilir. Bütün kabinler tek yolcu için aynı kata gelerek enerjiyi israf edebilir. Enerji israfını önlemek için katta bir adet çağrı butonu kullanılarak asansör kabinleri kumanda merkezinden kontrol edilir. Bu sisteme grup kontrollü sistemler denir. Geliştirilen kumanda sistemi ile uygun asansör yolcuya yönlendirilip enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Grup kontrollü sistemler, basit grup kontrolü, denetimsel grup kontrolü, geleneksel kontrol ve hedef kontrollü sistemler olarak dört grupta incelenmektedir.

Basit grup kontrolü yapılan sistemlerde katlarda sadece aşağı ve yukarı yön tuşları bulunur. Aynı yönlü en yakın asansör kabini çağrıya cevap verir.

Denetimsel grup kontrolü sistemlerde bütün asansör çağrıları sisteme kaydedilmektedir. Bekleme süresi en kısa olacak şekilde çağrılara cevap verilmektedir. Çağrılara cevap verildikten sonra sistemdeki çağrı kaydı silinmektedir. Geleneksel kontrol sistemleri, bina trafiğine göre yapılmaktadır. Binanın gün içindeki hareket analizlerine göre asansör kabinleri binanın farklı katlarına konumlandırılmaktadır. Asansör bekleme noktasına giderken zaman kaybı yaşanmaktadır. Sabit zaman aralıklarında asansörün bekleme noktalarını belirleyerek asansör sistemini kontrol etmek çok verimli değildir. Bu yüzden zamandan bağımsız asansör kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Yukarı yönlü trafik durumlarında zamanlamalı ve zamandan bağımsız sistemlerin performansları benzerdir ancak aşağı pik ve yerel trafik istekleri varken zamanlamalı ve zamandan bağımsız sistemlerin performansları farklı olmaktadır [8]. Geleneksel sistemlerde birçok parametre sabit tutulmaktadır. Sabit tutulan değerler ile asansör kabin davranışları sınırlı bir şekilde kontrol edilmektedir. Daha çok veri toplanarak daha esnek kontrol sistemleri ile trafik akışı daha iyi kontrol edilebilir [9,10].

Hedef kontrollü asansör sisteminde yolcular gidecekleri yön yerine hedef katlarını belirterek çağrı oluşturur. Asansör kabini içinde buton bulunmaz. Yolcular asansöre binmeden gidecekleri hedef katlar asansör kumanda sistemine kaydedilmektedir. Asansörlerin konumuna ve hedef katlara göre yolcu için en uygun asansör kabini ataması yapılmaktadır. [11]

Bilgisayar veya PLC esaslı grup kontrollü sistemler, hesaplama kabiliyeti ve performansı yüksek sistemlerdir. Temel olarak tüm katlara hizmet vermekte, ortalama bekleme süresini azaltmakta ve performans değerlerini saklayıp gerektiğinde kullanmaktadır. Bekleme sürelerini kısaltmak için yapılan hesaplamalar asansör trafiği ile ilgili problemleri çözmek için yapılmaktadır. Asansör trafiği problemini çözebilmek için asansör trafik akışını tanımlamak gerekmektedir. Asansördeki trafik akışına göre belirli sabitler kabul edilerek bir çözüm üretilebilmektedir. Ya da asansörün anlık hareketleri incelenerek dinamik bir trafik çözüm sistemi geliştirilir.

## **2.4 Asansör Trafiği**

Asansör trafiği, asansörün kullanım amacı ve asansörün bulunduğu binanın karakteristiği ile yakından ilişkilidir. Asansörün belirlenen kurallar içinde yüksek performansla çalışması için trafik analizinin çok iyi şekilde yapılması gerekmektedir. İnsan asansörleri için binanın yoğunluk analizi incelenirken, yük asansörleri için sistemin kapasitesi incelenmektedir. Asansör trafik hesabı yapılırken ilk olarak beş dakika içinde asansörü kullanacak insan sayısı belirlenmelidir. Bu belirleme işlemi binanın gün içindeki hareketlilik durumunun incelenip olasılık hesapları ile yapılmaktadır. Bina tiplerine göre bu analizler yapıp tablolar bulunmaktadır. Bu tablolar ofis binaları, okullar, oteller, hastaneler, otoparklar ve konutlar için oluşturulmuştur [4].

İnsan veya ürünlerin yoğunluğuna bakılarak kabin sayısı ve asansörün çalışma şekilleri belirlenmektedir. Asansör çağrıları rastgeledir ve cevaplanmak zorundadır. Her çağrı, çalışma algoritmasında performans kriterlerine göre sıraya konulup cevaplanmalıdır. Asansörün tekli veya grup olarak çalışmasına asansör trafik analizi yapılarak karar verilmektedir.

Asansörlerin yoğun çalışma yönlerine göre asansörün gidiş geliş zamanı hesaplaması aşağıda anlatılmaktadır.

Asansörün istenilen servis süresini sağlayan asansör sayısı hız ve kapasiteyi belirlemek için asansörün toplam yolculuk süresini ve kişi kapasitesini bilmek gerekir. Aşağıdaki hesaplamalar tek yönlü yoğun akışa göre hesaplanmaktadır.

N: Binanın kat sayısı

H: Muhtemel çıkılan en yüksek durak adedi

S: Seyir boyunca durulacak durak sayısı

p: Kişi sayısı

K: Asansörün ağırlık kapasitesi,

Binanın muhtemel çıkılan en yüksek durak adedi aşağıdaki formül ile bulunmaktadır.

$$H = \sum_{i=1}^{N-1} \left[ 1 - \left( \frac{i}{N} \right)^p \right] \quad (2.1)$$

Seyir boyunca durulacak durak adedi aşağıdaki formül ile bulunmaktadır.

$$S = N * \left[ 1 - \left( \frac{N-1}{N} \right)^p \right] \quad (2.2)$$

$$K = p * 80$$

Kapı açılma kapanma süreleri aşağıdaki tablodan seçilmektedir.

**Çizelge 2.1:** Kapı genişliğine göre kapı açılma kapanma süreleri [4].

| Kapı Genişliği | Kenara Açılan Kapı |                | Ortadan Açılan Kapı |                | Çarpma Kapı   |                |
|----------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------|----------------|
|                | Açılma Süresi      | Kapanma Süresi | Açılma Süresi       | Kapanma Süresi | Açılma Süresi | Kapanma Süresi |
| 800 mm         | 2.5                | 3              | 2                   | 2.5            | 5             | 5              |
| 900 mm         | 2.5                | 3.8            | 2                   | 2.9            | 5             | 5              |
| 1060 mm        | 2.9                | 4              | 2.5                 | 3.2            | 6             | 6              |
| 1100 mm        | 3                  | 4              | 2.5                 | 3.5            | 6             | 6              |
| 1420 mm        | 3.7                | 5              | 2.7                 | 3.7            | -             | -              |

Yolcu inme binme süresi aşağıdaki tablodan seçilmelidir.

**Çizelge 2.2:** Yolcu inme binme süreleri [4].

| Kabin Kapasitesi   | Kenara Açılan Kapı | Ortadan Açılan Kapı | Çarpma Kapı |
|--------------------|--------------------|---------------------|-------------|
| On üç kişi ve altı | 2.2                | 2                   | 2.5         |
| On üç kişi ve üstü | 2.6                | 2.4                 | 2.8         |

At1: Bir asansörün muhtemel toplam yolculuk süresi

n : Gruptaki aynı kapasiteli asansör sayısı

At : Hizmet kalitesi

Aynı kapasiteli asansörlerin hizmet kalitesi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$A_t = \frac{A_{t1}}{n} \quad (2.3)$$

Farklı kapasiteli asansörlerin hizmet kalitesi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$A_t = 1 / \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{A_{t1}} \right) \quad (2.4)$$

Hesaplanan At ile 5 dakikada bir asansör ile taşınacak insan sayısı aşağıdaki formülle bulunmaktadır.

$$R_1 = 5 * 60 * \frac{p}{A_{t1}} \quad (2.5)$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + .. \quad (2.6)$$

B1: 5 dakikadaki binadaki insan trafiği

$$B = B_1 * 1.20 \quad (2.7)$$

L: Asansör Sayısı

$$L = \frac{B}{R} \quad (2.8)$$

$$A_{t1} = 2 * H * t_v + (S + 1) * t_s + p * 2 * t_p \quad (2.9)$$

Asansör tasarımı yapılırken binadaki yoğun trafik akışı çift yönlü ise bu durum mimar tarafından bildirilmelidir. Çift yönlü trafik varsa ikinci yöndeki trafiğin ana yöndeki trafiğe oranı asansör hesabı için gereklidir. Çift yönlü trafik akışı selektif kumanda veya kollektif kumanda ile sağlanmaktadır.

Selektif kumanda, iniş çıkış ayrımı yapan asansörlerdir. İkinci yöndeki trafiğin ana yöndeki trafiğe oranı E'dir. Bu durumda bir asansörün muhtemel yolculuk süresi formülü aşağıdaki gibi olacaktır.

$$A_{t1} = 2 * H * t_v + (1 + E) * [(S + 1) * t_s + p * 2 * t_p] \quad (2.10)$$

$$H' = (1 + E) * (\text{kabin kapasitesi}) \quad (2.11)$$

Selektif grup kumanda, iniş çıkış ayrımı yapmasının yanında grup halinde kontrol edilen asansör sistemidir. Kat çağrılarına sadece bir asansör cevap vermektedir. Bu



yüzden formül aşağıdaki gibi değişmektedir. Bu durumda bir asansörün muhtemel yolculuk süresi formülü aşağıdaki gibi olacaktır.

$$A_{t1} = 2 * H * t_v + (1 + \left(\frac{1}{n}\right) * E) * [(S + 1) * t_s + p * 2 * t_p] \quad (2.12)$$

Kollektif kumanda, iniş çıkış ayrımı yapmayan asansörlerdir. Gereksiz duruşlardan dolayı zaman kayıpları oluşacaktır. Toplama kumanda asansörlerde çift yönlü trafik hesabı aşağıdaki formülde gösterilmektedir [4].

$$A_{t1} = 2 * H * t_v + \left(1 + \left(\frac{4}{3}\right) * E\right) * S * t_s + [(1 + E) * p * 2 * t_p] \quad (2.13)$$

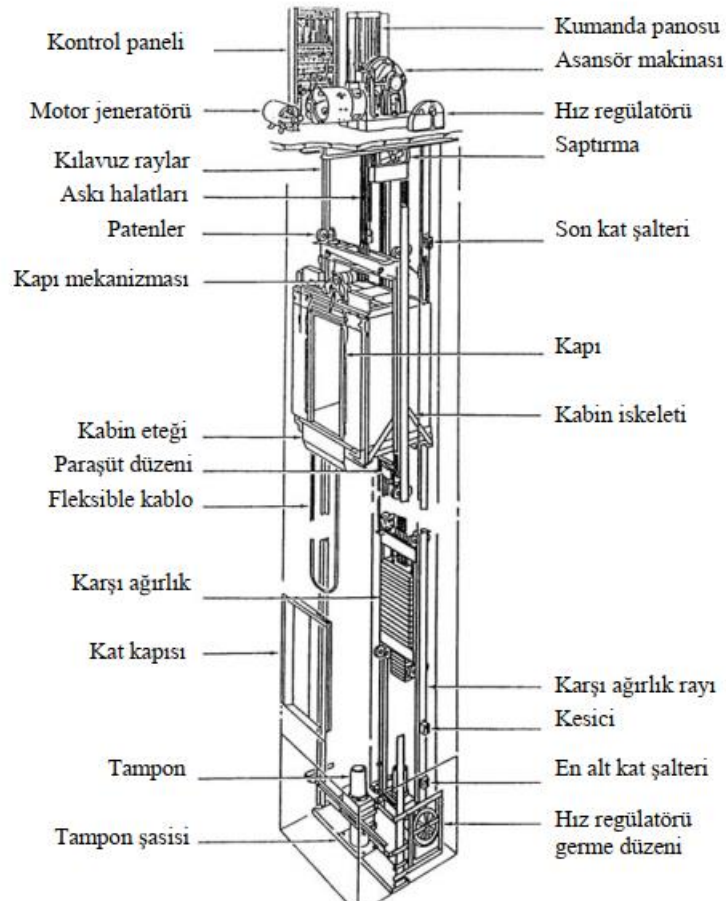
Asansörlerin yoğun çalışma yönlerine göre trafik hesaplaması yukarıda anlatılmaktadır. Bu hesaplamalardan ve olasılıklardan bağımsız olarak dinamik hesaplama yöntemi ile grup toplamalı asansör kumandası çözümü bölüm dördte sunulmaktadır.

### 3. ASANSÖR SİSTEMİNİN ELEMANLARI

Asansör sistemi mekanik elemanlar, elektrik ve kontrol sistemi elemanları ve güvenlik sistemi elemanları olarak üç grupta anlatılmaktadır.

#### 3.1 Mekanik Elemanları

Binalarda yaygın olarak kullanılan halatlı asansörlerin genel bölümleri ve mekanik parçaları aşağıdaki görsel ile gösterilmektedir.



Şekil 3.1: Örnek asansör tesisine ait mekanik bölümler.

### 3.1.1 Asansör makinası

Genellikle elektrik motorlu ve tahrik kasnaklıdır. Sonsuz vida birçok avantajından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu faydalar sessiz çalışması, çevrim oranının büyük olmasıdır. Motorlar asenkron, servo veya aservo seçilmektedir. Asenkron motor kullanıldığında enkoder ve invertör kullanılması gerekmektedir. Proje için kalıcı manyetik servomotor seçilmiştir.

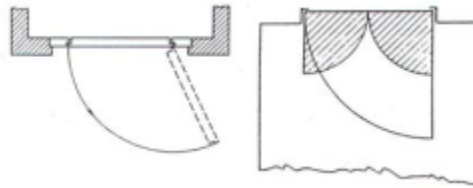
Kalıcı mıknatıslı senkron motorlar (PMSM), endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygulama alanlarına örnek vermek gerekirse bunlar otomotiv ve robotik alanlarıdır [12,13]. PMSM'lerin yaygın kullanılma sebepleri küçük boyutu, yüksek cevap kabiliyeti, düşük eylemsizliği ve bakım gerektirmeyişi olarak düşünülür [14]. PMSM için kullanılan materyallerin fiyatı düşmektedir [15]. Gelişmiş kontrol stratejilerinin PMSM'ye uygulanması daha kolay olabilir [16]. Yüksek performans gerektiren servo uygulamaları için uygundur. Servo olduğu için enkoder ihtiyacı olmaz ve hassas hareket kabiliyeti sağlar.

### 3.1.2 Asansör kabini

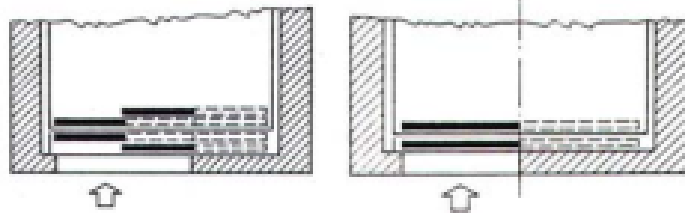
Asansör kabini, bazılarında kapı bulunan ve bazılarında kapı bulunmayan yük ve insanların içerisinde taşındığı kapalı çelik konstrüksiyonlu yapılardır. Bu yapılar askı halatlarına bağlıdır. Kabin, duvar ve tavan kalınlığı en az 2 mm inceliğindeki saçtan yapılmaktadır. Boyu eninin 2 katından fazla olmamalıdır. Yangına dayanıklı malzeme kullanılmalıdır.

### 3.1.3 Kat kapıları

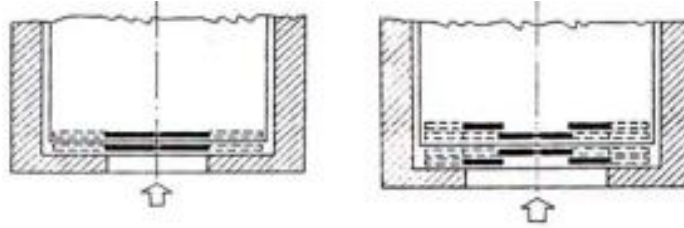
Asansör katlarında bulunan kapılar yarı otomatik ve tam otomatik olarak iki tiptedir. Kapılar tam kapanmadan asansör hareket etmemelidir. Asansör kapılarının açık ve kapalı durumları sensör aracılığı ile algılanmaktadır. Kat kapıları açılma sınıflarına göre 5 sınıfa ayrılabilir. Bunlar çift ve tek kanatlı çarpma kapı, katlanabilir ve yana toplamalı kapı, ortadan açılan kapı, yukarıdan kaymalı kapı, özel kapılardır.



Şekil 3.2: Çift ve tek kanatlı çarpma kapı [1].



**Şekil 3.3:** Katlanabilir ve yana toplamalı kapı [1].



**Şekil 3.4:** Ortadan açılır kapı [1].



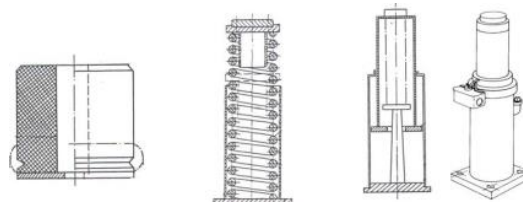
**Şekil 3.5:** Yukarıdan kaymalı kapı [1].

### 3.1.4 Karşı ağırlık

Karşı ağırlık, kabin ağırlığı ve toplam yolcu ağırlığının yarısı veya 0,4'ü olacak şekilde seçilmektedir. Karşı ağırlık çelik, dökme demir ve çelik levhadan yapılmaktadır.

### 3.1.5 Tampon

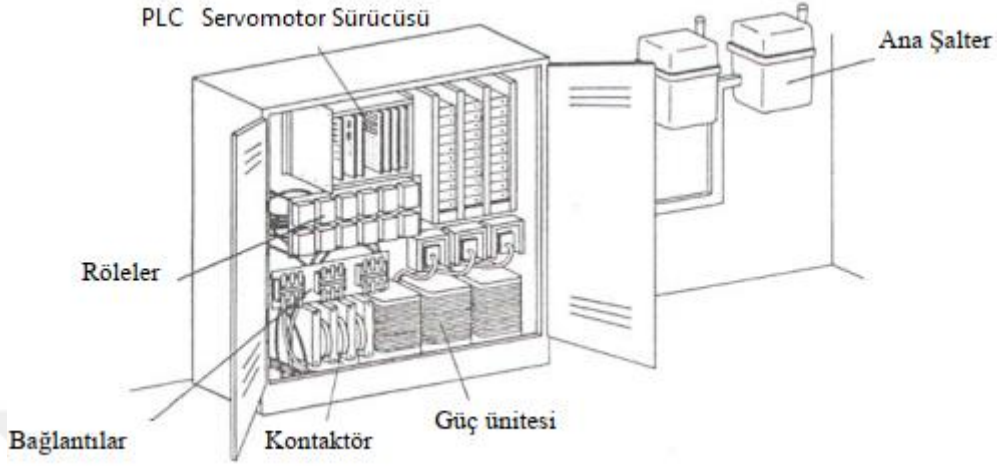
Bir sorun olduğunda elastik, yay veya hidrolik malzeme ile asansör kabininin ve karşı ağırlığın zemine çapmasını yumuşatmak için kullanılan en altta bulunan elemandır.



**Şekil 3.6:** Elastik yaylı ve hidrolik tampon [1].

## 3.2 Elektrik Ve Kontrol Sistemi Elemanları

### 3.2.1 Ana dağıtım panosu



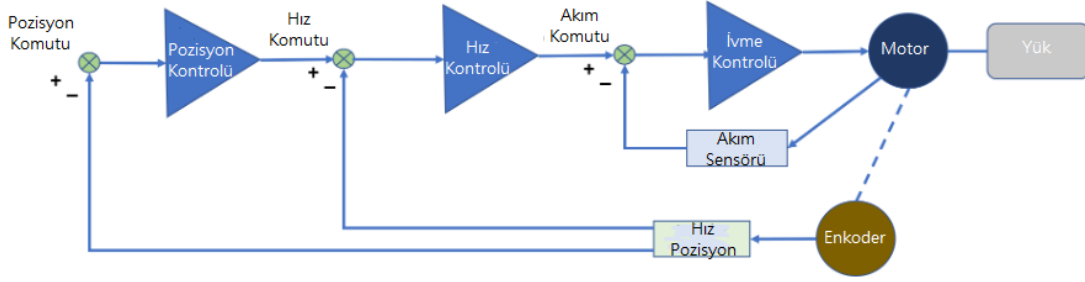
**Şekil 3.7:** Asansör tesisine ait ana dağıtım panosu.

PLC, programmable logic controller kelimelerinin ilk harflerinden oluşan kısaltmadır. Programlanabilir mantıksal denetleyici anlamına gelmektedir. Birçok endüstriyel cihaz ile koordinasyon sağlayarak sistemleri otomatik olarak çalıştırmaya yarayan cihazdır. Endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun en büyük sebeplerinden biri mekanik darbelere, sıcaklık farklılıklarına ve elektriksel gürültülere karşı dayanıklı olmasıdır.



**Şekil 3.8:** PLC örneği.

Servomotor sürücüleri hız, pozisyon kontrolü veya her ikisini aynı anda kontrolünü yapan servomotora ile birlikte çalıştırılan cihazdır. Pozisyon kontrolü yapılan bir sistemde servomotor sürücüsüne rampa değerleri, hareket şekli tanımlanır. Hedefe gitmesi için komut verilir. Servomotor sürücüsü durmayı başlatacağı anı belirleyerek sistemin istenen noktada durmasını sağlar.



**Şekil 3.9:** Servomotor sürücüsü ve servomotor çalışma şeması.



**Şekil 3.10:** Servo sürücü örneği.

Kontaktör, kumanda edilen sistemin enerji kaynağı ile bağlantısını sağlayan veya kesen bir devre elemanıdır. [17]



**Şekil 3.11:** Kontaktör örneği.

Röle, bir uyarılma ile konum kontakları değiştiren veya çıkış üreten elektromekanik, elektronik veya pinomatik devre elemanıdır. [18]

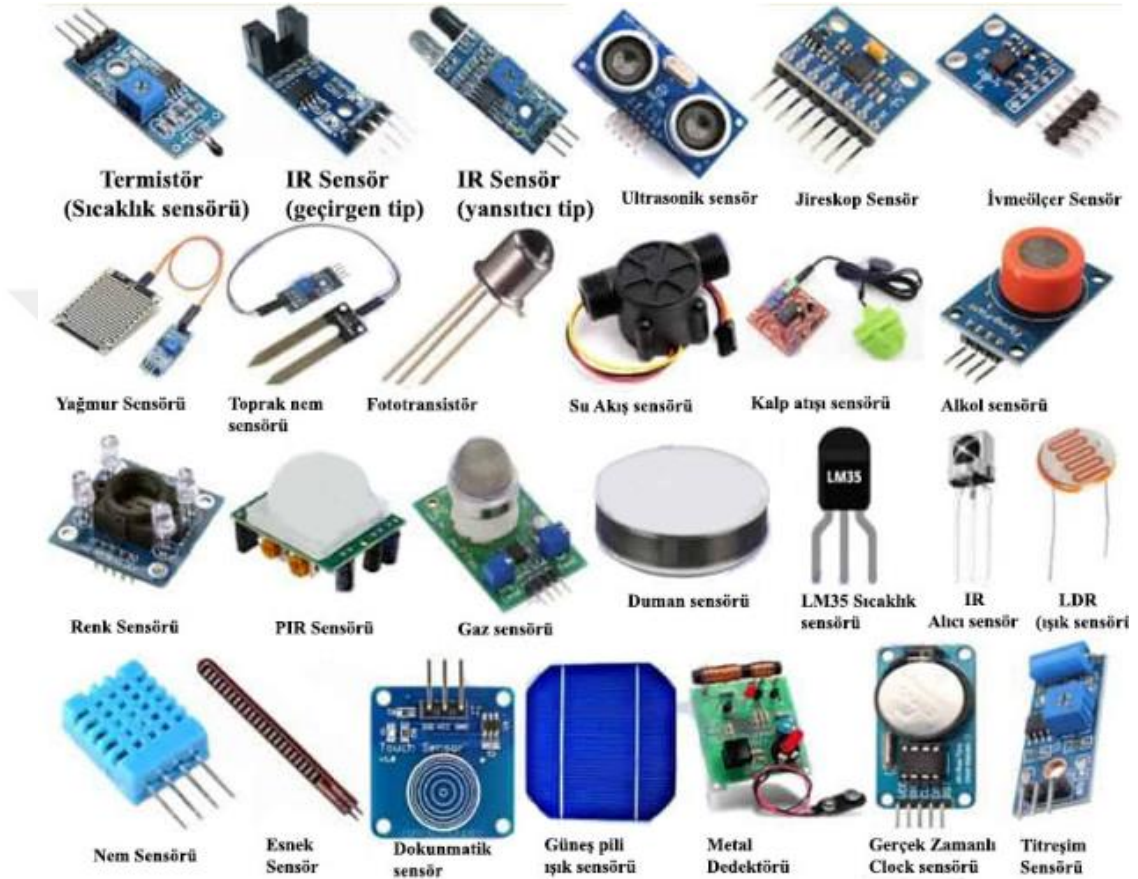


**Şekil 3.12:** Röle örneği.

Güç kaynağı ünitesi, kaynaktan aldığı akım ve gerilimi farklı seviyeye dönüştüren cihazdır. Elektrik panosu içerisinde pano tipi güç kaynakları bulunmaktadır. Pano tipi güç kaynakları regüle ve regüle olmayan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

### 3.2.2 Sensörler

Sahadaki durum değişimini anlamak için kullanılan basit devre elemanıdır. Kullanım alanlarına göre birçok çeşidi bulunmaktadır. Uzaklık, basınç, debi ölçümü gibi çeşitli ölçümler yapabilen ve manyetik alan algılayan gibi pek çok değişik sensör tipi bulunmaktadır.



Şekil 3.13: Sensör çeşitleri.

Bu projede metali algılayan manyetik sensörler kullanılmaktadır. Sensörler ile asansör kapısı konum bilgisi, asansörün kat bilgisi, asansörün güvenlik ile ilgili olarak çalışma sınırlarından çıkmadığı bilgisi alınmaktadır.



Şekil 3.14: Manyetik sensör örneği.



### 3.2.3 Asansör çağrı paneli

Bu panelin üzerinde yönlendirilen kabinin yazdığı gösterge paneli ve çağrı butonları bulunmaktadır. Butonların üzerine basıldığında PLC'ye bilgi gönderilmektedir. Hedef katın çağrısı butonlar ile yapılmaktadır.

### 3.2.4 ASI giriş ve çıkış kartları

Sahadan alınan giriş bilgilerini PLC'ye PLC'den alınan çıkış bilgisini sahaya gönderen cihazlardır. Normal giriş çıkış kartlarından en büyük farkı bilgi ve güç iletimi tek kablo üzerinden yapılmaktadır. Bu sayede işçilik maliyeti ve zaman kayıpları azalmaktadır.

### 3.2.5 Haberleşme kartları

Endüstriyel alanda kullanılan farklı cihazların birbiri arasında iletişim kurması için haberleşme kartları kullanılmaktadır.

## 3.3 Güvenlik Sistemi Elemanları

### 3.3.1 Acil durdurma butonları

Tehlike anında acil stop sistemi devreye girmektedir. Bu sistem buton aracılığı ile kontrollü olarak yapılabilir. Ayrıca asansör çalışma hız aralığının dışına çıkarsa veya kendi alanından çıkarsa acil stop sistemi otomatik olarak devre girmektedir. Buna kabin düşme kontrolü denir ve bu durdurma işlemi mekanik olarak yapılmaktadır.

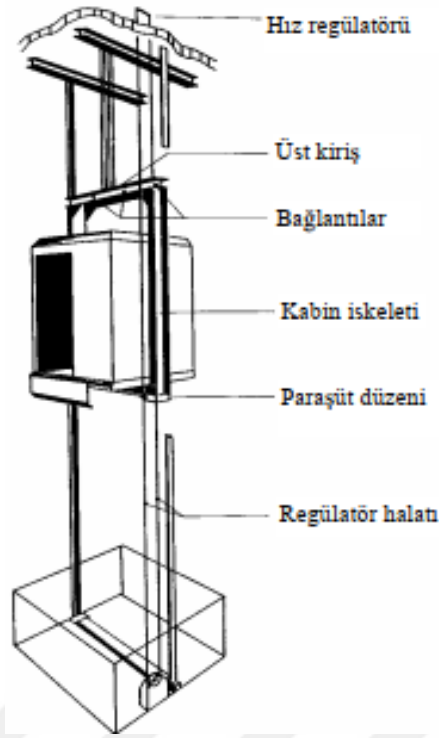


Şekil 3.15: Acil durdurma butonu örneği.

### 3.3.2 Hız regülatörü ve mekanik fren

Asansör iniş hızı nominal değerini %25 aştığı takdirde hız regülatörü tarafından paraşüt freni aktif edilmektedir ve motorun enerjisi kesilmektedir.





**Şekil 3.16:** Hız regülatörü çalışma.

### 3.3.3 Paraşüt tertibatı

Hız regülatörü ile aşırı hız tespiti ya da halat kopması durumunda paraşüt tertibatı asansörü kılavuz raylar üzerinde frenleyerek durdurur.

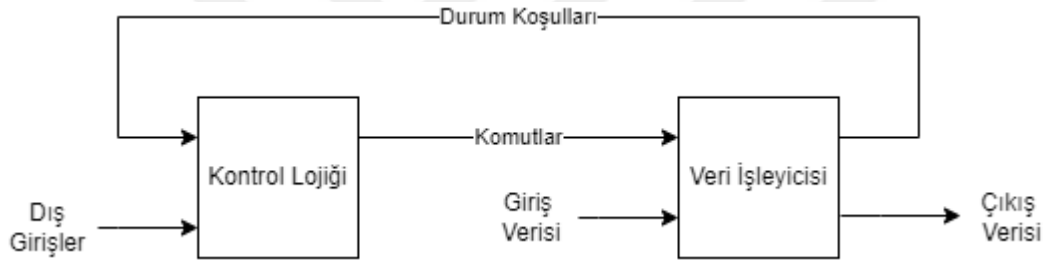
### 3.3.4 Durdurma şalteri ve güvenlik kontakları

Hız değişimi, yangın durumu gibi sorunlar çıktığında asansörün enerjisi durdurma şarteli ve güvenlik kontakları ile kesilmektedir.

## 4. GRUP TOPLAMALI ASANSÖRÜN KUMANDA SİSTEMİ

### 4.1 Algoritmik Durum Makinası Yaklaşımı

Sayısal sistemlerde bilgiler veri ve kontrol bilgisi olarak sınıflandırılabilir. Veri; aritmetik, öteleme gibi sayısal işlemleri yapmak için kullanılan ayrık bilgi elemanıdır. Kontrol bilgisi, veri işlemlerini denetlemeyi ve düzenli, sıralı çalıştırılmasını sağlar. Kontrol bilgisi ve veri arasındaki ilişki aşağıda gösterilmektedir.

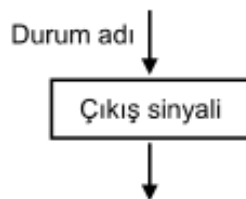


Şekil 4.1: Kontrol ve veri işleyicisi ilişkisi.

Sayısal sistemlerin kontrol sırası ve veri işleme görevleri sonlu sayıda adımdan oluşan donanım algoritmasıyla gösterilmektedir. Donanım algoritması, bir cihazla bir problemi çözmeyi sağlayan prosedürdür.

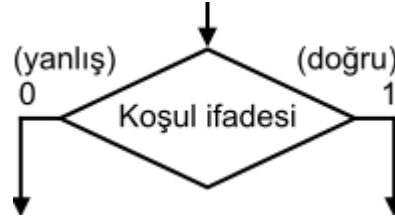
Algoritmik durum makinesi (ADM) diyagramı, sayısal donanım algoritmalarını tanımlayan akış diyagramının özelleştirilmiş halidir. Üç temel elemandan meydana gelmektedir. Bu temel elemanlar durum kutusu, karar kutusu ve koşul kutusudur.

Durum kutusu, şekil 4.2’de görüldüğü gibi dikdörtgen kutu şeklindedir. Bu durumda yapılan işlem veya kontrolün bu durumdaki çıkış işareti bu kutunun içine yazılır.



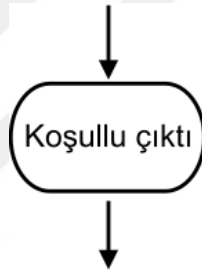
Şekil 4.2: Durum kutusu.

Karar kutusu, şekil 4.3'te görüldüğü gibi eşkenar dikdörtgen şeklindedir. Bir girişi iki veya daha çok çıkışı vardır. Değerlendirilecek koşul ifadesi karar kutusunun içine yazılır. Koşul doğruysa çıkış noktalarından bir tarafa, yanlış ise diğer tarafa çıkış yolu çizilir. Bu çıkış yolları 1 veya 0 değeri alır.



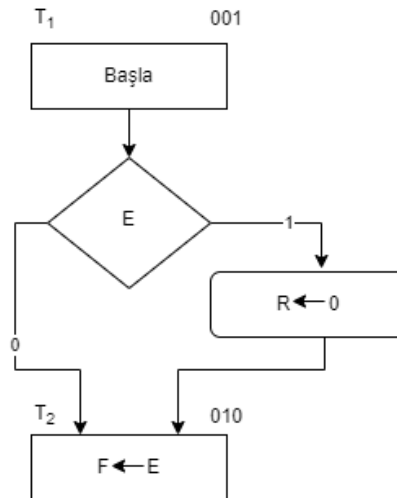
**Şekil 4.3:** Karar kutusu.

Koşul kutusu, şekil 4.4'te görüldüğü gibi kenarları yuvarlatılmış dikdörtgen kutu şeklindedir. Koşul kutusunun girişi karar kutusundan gelmektedir. Koşul kutusundaki işlemler, giriş koşulunu sağlayan belirli süre içinde üretilir.



**Şekil 4.4:** Koşul kutusu.

ADM diyagramı olayların sırasıyla birlikte ardışıl kontrolörün durumları ve bir durumdan diğerine geçerken oluşan olaylar arasındaki zaman ilişkisini betimler [19].



**Şekil 4.5:** ADM bloğu.

## 4.2 Çağrı Ekleme

Yolcular farklı katlardan neredeyse aynı anda asansöre çağrı yapabilmektedir. Bu çağrılara sırayla cevap verilebilmesi için gelen çağrıların listelenmesi gerekmektedir. Her gelen yeni çağrı, çağrı listesine eklenir.

## 4.3 Çağrı Kontrolü

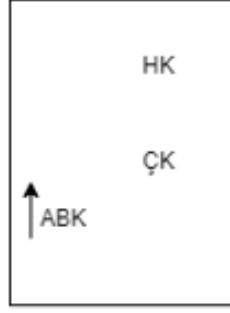
Çağrı listesinin ilk sırasındaki yolcu seçilmektedir. Bu yolcunun kat ataması yapıldığında seçilen kabin bilgisi çağrı panelinde gösterilmektedir. Bu yolcu çağrı listeden çıkarılıp liste düzenlenmektedir.

## 4.4 Asansör Trafiği Problemi Çözümü

### 4.4.1 Asansör ile yolcunun hareket yönlerinin ve rotalarınıncelenmesi

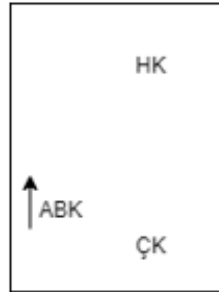
Asansör trafiğini çözmek için kabinlerin yük durumuna ve yolcunun toplam yolculuk süresine bakılmaktadır. Asansörün rotası her seferinde eşsiz olduğu için bu hesaplama dinamik olarak yapılmaktadır. Asansörün yük ve yolculuk süresi yapılırken asansör davranışı aşağıdaki gibi üç farklı adımda incelenmektedir.

İlk olarak yolcunun gidiş yönüne ve asansörün gidiş yönüne bakılmaktadır. Asansör ile yolcu aynı yöne gidecekse iki farklı durum söz konusudur. Bu iki farklı durumu ayırt edebilmek için asansörün konumuna, yolcunun çağrı katına ve yolcunun hedef katına bakılmaktadır. Durumlardan bir tanesinde asansör hareket yönünde ilerlerken çağrı yapan yolcuyu alır ve hedefine ulaştırır. Bu duruma kabin yönü kat çağrısına yaklaşan aynı yönlü hareket denilmektedir. İlk olarak pozitif yönlü hareket incelendiği için kabin ve kat çağrısına yaklaşan pozitif yönlü hareket şekil 4.6’da gösterilmektedir. ABK asansörün bulunduğu katı göstermektedir. ABK’nın yanındaki ok işareti asansörün hareket yönünü göstermektedir. ÇK çağrı katı ikili söz öbeğinin baş harflerinden oluşan kısaltmadır. HK hedef kat ikili söz grubunun kısaltmasıdır. Çağrıyı yapan yolcunun seçtiği hedef katı göstermektedir.



**Şekil 4.6:** Kabin yönü kat çağrısına yaklaşan aynı pozitif yönde hareket görseli.

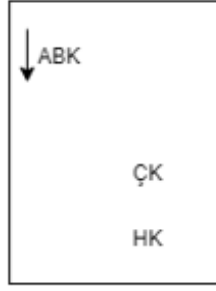
Asansör ile yolcunun aynı yönde olup yolcunun çağrı noktasının asansörün bu yöndeki rotasında olmadığı durumda ise asansör önce hareket yönündeki çağrı ve hedeflerine cevap verir. Daha sonra ters yönde hareket eder. Ters yöndeki çağrı ve hedeflere cevap verir. Daha sonra yine yolcu ile aynı yöne döner bu süreçte yolcuyu alır ve hedefine götürür. Kabin kat çağrısından uzaklaşarak hareket etmektedir. Pozitif yönlü hareket davranışı incelendiği için bu duruma kabin yönü kat çağrısından uzaklaşan aynı pozitif yönlü hareket denilmektedir. Bu durumda asansör kabininin yolcuya gelme süresi uzayacaktır. Bu kabin ancak diğer kabinler çok fazla durağa sahip olursa kullanılabilir. Bu duruma ait görsel şekil 4.7’de gösterilmektedir.



**Şekil 4.7:** Kabin yönü kat çağrısından uzaklaşan aynı pozitif yönde hareket görseli.

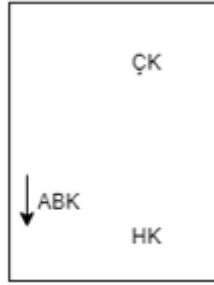
Yukarıda asansör kabini ve yolcunun aynı yönde pozitif hareket etmesi gösterildi. Negatif yönde ve aynı yönde hareket varsa yukarıda anlatıldığı gibi iki durum söz konusudur. Bunlar kabin yönü kat çağrısına yaklaşan aynı negatif yönlü ve kabin yönü kat çağrısından uzaklaşan aynı negatif yönlü harekettir.

Görsel 4.8’de gösterilen durumda yolcu çağrı katı, asansörün bulunduğu kattan küçük olduğu için bu hareket kabin yönü kat çağrısına yaklaşan aynı negatif yönlü harekettir.



**Şekil 4.8:** Kabin yönü kat çağrısına yaklaşan aynı negatif yönde hareket görseli.

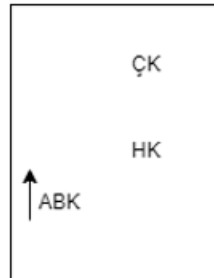
Görsel 4.9’da gösterilen durumda yolcu çağrı katı, asansörün bulunduğu kattan büyük olduğu için bu hareket kabin yönü kat çağrısından uzaklaşan aynı negatif yönlü harekettir.



**Şekil 4.9:** Kabin yönü kat çağrısından uzaklaşan aynı negatif yönde hareket görseli.

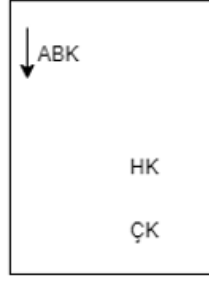
Asansör ile yolcu ters yönde hareket ediyorsa sadece ters yönlü hareket durumu söz konusudur. Asansör kabini önce yolcuya ters yöndeki çağrı ve hedeflere cevap verir. Daha sonra yine yolcu ile aynı yöne döner bu süreçte yolcuyu alır ve hedefine götürür.

Kabin pozitif yönlü yolcu negatif yönlü harekete sahip ise bu durum şekil 4.10’da gösterildiği şekildedir.



**Şekil 4.10:** Kabin pozitif yönlü ve kat çağrısına ters yönlü hareket görseli.

Kabin negatif yönlü yolcu pozitif yönlü harekete sahip ise bu durum şekil 4.11’de gösterildiği şekildedir.



**Şekil 4.11:** Kabin negatif yönlü ve kat çağrısına ters yönlü hareket görseli.

Sonuç olarak hem hareket yönü hem asansörün durak sayısı yolculuk süresini etkilemektedir.

#### 4.4.2 Asansör yük hesabı

Çağrı yapan her yolcu için, yolculuk sırasında kabinin erişeceği maksimum yük hesaplanmaktadır.

Asansör çağrının yapıldığı kata gelene kadar birçok kattan yolcu alıp farklı katlara yolcuları bırakmaktadır. Asansör kabininin yük bakımından uygunluğu, çağrıyı yapan yolcunun yolculuk süreci ile ilişkilidir. Bu süreçte en yüksek yüke ulaştığı an asansörün maksimum taşıma kapasitesinden küçük olup olmadığı kontrol edilir. Yük kontrolü yapılırken yolcunun çağrı katı ile hedef katı arasındaki tüm katların yükleri tek tek incelenmektedir. Eğer en yüksek yüke sahip olan kat, asansör kapasitesinin altındaysa yük bakımından uygundur.

Anlatılan yük hesabı iki farklı örnek ile daha iyi gösterilebilir. Bu hesabı yapabilmek için asansör kabinin yolcu listesine ihtiyaç duyulmaktadır. Yolcu listesine yeni yolcu da eklenerek hesaplama listesi oluşturulmaktadır. Yolcu yükü hesaplamasının anlatıldığı senaryo 1'e ait hesaplama listesi Çizelge 4.1'de gösterilmektedir. Yeni yolcu listeye en son eklendiği için çizelgedeki 4. yolcu için yük hesabı yapılmaktadır. Asansör 3. kattan 2. kata doğru hareket etmektedir. Yolcu 1'in asansör içinde olduğu çizelgeden görülmektedir. Yolcu 1 ile yolcu 4'ün hareketi ters yönlüdür. Bu yüzden yolcu 1'in yükü yolcu 4 için önemsizdir. Yolcu 2 ile yolcu 4'ün hareketi aynı yönlüdür ve hareket rotaları kesişmektedir. Bu yüzden yolcu 2'nin yükü yolcu 4 için önemlidir ve yük değeri 1 artırılmaktadır. Yolcu 3 ile yolcu 4'ün hareketi aynı yönlüdür ancak hareket rotaları kesişmemektedir. Bu yüzden yolcu 3'ün yükü yolcu 4 için önemsizdir. Yolcunun 3. katta bulunacağı an için yolcu yükü 2 olacaktır. Yolcunun 4. katta bulunacağı an için de yolcu yükü 2 olacaktır. 4.

yolcunun hareketi sürecinde asansör yükü 2 olarak hesaplanmaktadır. Asansör yükü hareket için uygundur.

| Name                       | Data type            | Start value | Monitor value |
|----------------------------|----------------------|-------------|---------------|
| STA_AsansorBilgi_Hesaplama | "AsansorBilgi_H...   |             |               |
| Yuk                        | SInt                 | 0           | 2             |
| HedefKatlari               | Array[1..10] of B... |             |               |
| YolcuBilgileri             | Array[1..6] of "Y... |             |               |
| YolcuBilgileri[1]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagrYapilanKat             | SInt                 | 0           | 3             |
| HedefKat                   | SInt                 | 0           | 2             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | FALSE         |
| YolcuYuku                  | SInt                 | 0           | 1             |
| YolcuBilgileri[2]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagrYapilanKat             | SInt                 | 0           | 1             |
| HedefKat                   | SInt                 | 0           | 4             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | TRUE          |
| YolcuYuku                  | SInt                 | 0           | 0             |
| YolcuBilgileri[3]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagrYapilanKat             | SInt                 | 0           | 1             |
| HedefKat                   | SInt                 | 0           | 2             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | TRUE          |
| YolcuYuku                  | SInt                 | 0           | 0             |
| YolcuBilgileri[4]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagrYapilanKat             | SInt                 | 0           | 3             |
| HedefKat                   | SInt                 | 0           | 4             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | TRUE          |
| YolcuYuku                  | SInt                 | 0           | 0             |
| YolcuBilgileri[5]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagrYapilanKat             | SInt                 | 0           | 0             |
| HedefKat                   | SInt                 | 0           | 0             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | FALSE         |
| YolcuYuku                  | SInt                 | 0           | 0             |
| YolcuBilgileri[6]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagrYapilanKat             | SInt                 | 0           | 0             |
| HedefKat                   | SInt                 | 0           | 0             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | FALSE         |
| YolcuYuku                  | SInt                 | 0           | 0             |
| BulunduğuKat               | Real                 | 0.0         | 2.9           |
| AsansorYukariYon           | Bool                 | false       | FALSE         |

**Şekil 4.12:** Senaryo 1 yolcu için asansör yükü hesabı için asansör ve yolcu bilgileri.

Yolcu yükü hesaplamasının anlatıldığı senaryo 2'ye ait hesaplama listesi Çizelge 4.2'de gösterilmektedir. Yeni yolcu listeye en son eklendiği için çizelgedeki 5. yolcu için yük hesabı yapılmaktadır. Asansör 3. kattan 2. kata doğru hareket etmektedir. Yolcu 1'in asansör içinde olduğu çizelgeden görülmektedir. Yolcu 1 ile yolcu 5'in hareketi aynı yönlüdür ve hareket rotaları kesişmektedir. Bu yüzden yolcu 1'in yükü yolcu 5 için önemlidir ve yük değeri 1 artırılmaktadır. Yolcu 2'nin asansör içinde



olmadığı çizelgeden görülmektedir. Yolcu 2 ile yolcu 5'in hareketi aynı yönlü olmasına rağmen yolcu 2'nin yükünün yolcu 5'e etkisi yoktur. Çünkü asansör yolcu 5'i hedefe götürdükten sonra yolcu 2'in çağrı katına gidecektir. Yolcu 3 ve yolcu 4'in hareketi ters yönlüdür. Bu yüzden yolcu 3'ün yükü yolcu 5 için önemsizdir. Yolcu 4 ile yolcu 5'in hareketi ters yönlüdür. Bu yüzden yolcu 4'ün yükü yolcu 5 için önemsizdir. Yolcunun 2. katta bulunacağı an için yolcu yükü 2 olacaktır. Yolcunun 1. katta bulunacağı an için de yolcu yükü 2 olacaktır. 4. yolcunun hareketi sürecinde asansör yükü 2 olarak hesaplanmaktadır. Asansör yükü hareket için uygundur.

| Name                       | Data type            | Start value | Monitor value |
|----------------------------|----------------------|-------------|---------------|
| STA_AsansorBilgi_Hesaplama | "AsansorBilgi_H...   |             |               |
| Yuk                        | Sint                 | 0           | 2             |
| HedefKatlari               | Array[1..10] of B... |             |               |
| YolcuBilgileri             | Array[1..6] of "Y... |             |               |
| YolcuBilgileri[1]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagriYapilanKat            | Sint                 | 0           | 3             |
| HedefKat                   | Sint                 | 0           | 1             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | FALSE         |
| YolcuYuku                  | Sint                 | 0           | 1             |
| YolcuBilgileri[2]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagriYapilanKat            | Sint                 | 0           | 4             |
| HedefKat                   | Sint                 | 0           | 1             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | FALSE         |
| YolcuYuku                  | Sint                 | 0           | 0             |
| YolcuBilgileri[3]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagriYapilanKat            | Sint                 | 0           | 1             |
| HedefKat                   | Sint                 | 0           | 2             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | TRUE          |
| YolcuYuku                  | Sint                 | 0           | 0             |
| YolcuBilgileri[4]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagriYapilanKat            | Sint                 | 0           | 3             |
| HedefKat                   | Sint                 | 0           | 4             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | TRUE          |
| YolcuYuku                  | Sint                 | 0           | 0             |
| YolcuBilgileri[5]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagriYapilanKat            | Sint                 | 0           | 2             |
| HedefKat                   | Sint                 | 0           | 1             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | FALSE         |
| YolcuYuku                  | Sint                 | 0           | 0             |
| YolcuBilgileri[6]          | "Yolcu"              |             |               |
| CagriYapilanKat            | Sint                 | 0           | 0             |
| HedefKat                   | Sint                 | 0           | 0             |
| YolcuYukariYonu            | Bool                 | false       | FALSE         |
| YolcuYuku                  | Sint                 | 0           | 0             |
| BulunduğuKat               | Real                 | 0.0         | 2.9           |
| AsansorYukariYon           | Bool                 | false       | FALSE         |

Şekil 4.13: Senaryo 1 yolcu için asansör yükü hesabı için asansör ve yolcu bilgileri.

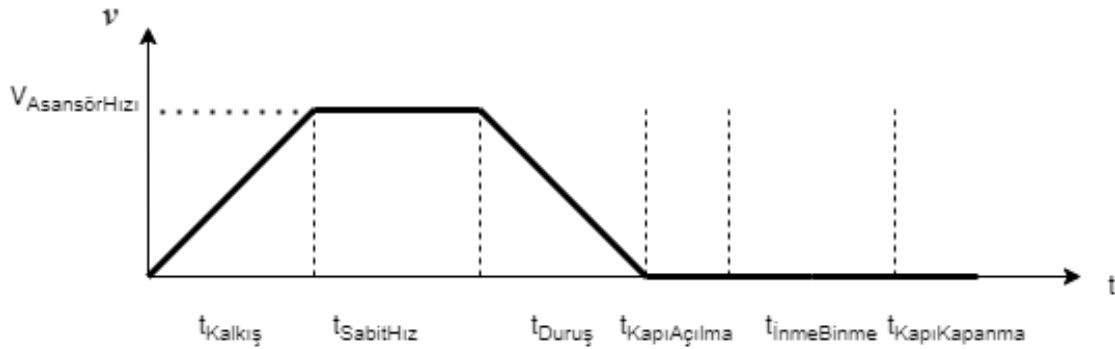
Yük uygunluğu belirlendikten sonra yolculuk süresi hesaplanmaktadır.

#### 4.4.3 Yolcunun toplam yolculuk süresi hesabı

Yolcunun toplam yolculuk süresi çağrıyla yaptığı andan hedefe varana kadar geçen süredir. Başka bir deyişle asansörün geliş, asansör kapılarının açılıp kapanma, yolcu inme binme ve asansörün hedefe varış süresinin toplamıdır [20,21,22]. Bu süreci anlamak için kabinin hareket rotasını ve duraklarını incelemek gerekmektedir.

Yukarıda anlatıldığı gibi yön ve güzergaha göre asansör kabininin davranışı tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaya göre yeni yolcu da kabine tanımlı gibi kabinin hareket rotası çıkartılmaktadır. Amaç yolcunun hedefe ulaşması olduğu için kabinin rotası yolcunun hedefe ulaştığı kat ile sınırlandırılır. Böylece yolcunun hareket rotası elde edilmektedir.

Yolcu rotası sırasıyla durakları içermektedir. Duraklar arası mesafeye bağlı geçen süre, kapı açılma süresi, yolcu inme ve binme süresi ve kapı kapanma süreleri kullanılarak yolcu rotasının tamamlanma süresi bulunmaktadır.



Şekil 4.14: Asansör hareket grafiği.

$t_{Kalkış}$  : Asansör kabininin hızlanma süresi

$t_{Duruş}$  : Asansör kabininin yavaşlama süresi

$t_{SabitHız}$  : Asansör kabininin sabit asansör hızı ile hareket ettiği süre

$t_{KapıAçılma}$  : Asansör kabininin kapısının açılma süresi

$t_{İnmeBinme}$  : Yolcuların asansöre inme binme süresi

$t_{KapıKapanma}$  : Asansör kabininin kapısının kapanma süresi

$v_{AsansörHızı}$  : Asansörün hızı

$\chi_{KatMesafesi}$  : 1 kat için katlar arası mesafe

$\chi_{Kalkış}$  : Asansörün hızlanma süresinde aldığı yol

$\chi_{\text{Duruş}}$  : Asansörün hızlanma süresinde aldığı yol

$t'$  : İki durak arası mesafesi 1 kat olduğunda sabit hızla gidilen süre

$t_1'$  : İki durak arası mesafesi 1 kat olduğunda toplam süre

$t_n'$  : İki durak arası mesafesi n kat olduğunda toplam süre

n : İki durak arası kat sayısı

$$\chi_{\text{Kalkış}} = \frac{v_{\text{AsansörHızı}} * t_{\text{Kalkış}}}{2} \quad (4.1)$$

$$\chi_{\text{Duruş}} = \frac{v_{\text{AsansörHızı}} * t_{\text{Duruş}}}{2} \quad (4.2)$$

$$t' = \frac{\chi_{\text{KatMesafesi}} - \chi_{\text{Duruş}} - \chi_{\text{Kalkış}}}{v_{\text{AsansörHızı}}} \quad (4.3)$$

$$t_1' = t_{\text{kalkış}} + t' + t_{\text{duruş}} + t_{\text{KapıAçılma}} + t_{\text{inmebinme}} + t_{\text{KapıKapanma}} \quad (4.4)$$

$$t_n' = t_1' + \frac{\chi_{\text{KatMesafesi}}}{v_{\text{AsansörHızı}}} * (n - 1) \quad (4.5)$$

Yukarıdaki denklemlerde asansör hızı, kalkış duruş rampa süresi, kapı açılma ve kapanma süresi, asansöre inme ve binme süresi değerleri yerine koyularak asansör kabini hareket süreleri elde edilmiştir.

Değerler C.E. İmrak ve İ. Gerdemeli'nin "Asansörler ve Yürüyen Merdivenler" isimli ve 2000 yılı basımlı kitabına göre seçilmiştir. Kat sayısı beşten küçük olduğu için asansör hızı 1 m/s'dir. Duruş ve kalkış ivmesi 0,5 m/s<sup>2</sup>'dir. Kapı genişliği 800mm seçildiği için kapı açılma süresi 2 s ve kapı kapanma süresi 2,5 s'dir [1]. Yolcu inme ve binme süresi 1,5 sn kabul edilmiştir.

Duraklar arası kat sayısı 1 iken kabinin çağrı noktasından hedef noktasına varma süresi 5 sn'dir. Bu süreye kapı açılma kapanma ve yolcu inme binme süreleri eklendiğinde 11 sn olmaktadır. Duraklar arası kat sayısı 2 iken kabinin çağrı noktasından hedef noktasına varma süresi 8 sn'dir. Yani durak olmayan bir katı asansörün alma süresi 3 sn'dir. Bu durumda asansör durakta durarak hareket ediyorsa kat geçme süresi 11 sn bir katı durmadan geçiyorsa kaç geçme süresi 3 sn olarak alınmaktadır.

Bu sürelerden de anlaşılacağı gibi en çok zaman dur kalk sırasında kaybedilmektedir. Ama sadece durak sayısına bakarak da süre tahmini yapılamaz, duraklar arası kat sayısını da bilmek gerekmektedir.

Yolculuk süresi hesabı yapılırken ilk olarak asansörün hedef durakları belirlenmektedir. Daha sonra yolcu için asansör kabininin yolcu için hareket rotası çıkarılmaktadır. Yolcu için kabinin hareket rotası asansörün bulunduğu kattan yolcunun hedef katına kadardır. Bu hareket rotası ile asansörün duracağı ve durmadan ilerleyeceği katlar kolayca elde edilir. Süre hesabında elde edilen durak bulunan kata 11s durak bulunmayan kata 3s değeri verilerek toplam yolculuk süresi hesaplanmaktadır. Bu hesaplama çeşitli senaryolar ile daha iyi anlatılabilir.

Senaryo 1'e göre asansör 4. katta iken 1. kattaki yolcu 3. kata gitmek istediğinde asansör 4. kattan 1. kata doğru hareket etmektedir. 1. kattan yolcuyu aldıktan sonra yolcuyu 3. kata hareket etmektedir. Hareket rotası ve her kat için harcanan süre çizelge 4.2'de gösterilmektedir. Toplam yolculuk süresi 34 saniye olarak hesaplanmaktadır.

**Çizelge 4.1:** Senaryo 1 toplam yolculuk süresi hesaplama çizelgesi.

| Kat      |             |                         |    |
|----------|-------------|-------------------------|----|
| Numarası | Kat Bilgisi | Süre                    |    |
| 1        | 4           | Asansörün bulunduğu kat | 3  |
| 2        | 3           |                         | 3  |
| 3        | 2           |                         | 3  |
| 4        | 1           | Çağrı Katı              | 11 |
| 5        | 2           |                         | 3  |
| 6        | 3           | Hedef Kat               | 11 |

Senaryo 2'ye göre asansör 3. katta iken 2. kattaki yolcu 4. kata gitmek istediğinde asansör 3. kattan 2. kata doğru hareket etmektedir. 2. kattan yolcuyu aldıktan sonra yolcuyu 4. kata hareket etmektedir. Asansör 1. kata uğramadığı için zaman kaybedilmemektedir. 1. kata inmediği için asansör 2. kata 1 kere uğramaktadır. Bu durum çizelge 4.3'te gösterilmektedir. Asansörün hareket rotası ve her kat için harcanan süre çizelge 4.4'te gösterilmektedir. Toplam yolculuk süresi 28 saniye olarak hesaplanmaktadır.

**Çizelge 4.2:** Senaryo 2 toplam yolculuk süresi hesabının ilk aşamasının çizelgesi.

|   | Kat<br>Numarası | Kat Bilgisi             | Süre |
|---|-----------------|-------------------------|------|
| 1 | 4               |                         | 0    |
| 2 | 3               | Asansörün bulunduğu kat | 3    |
| 3 | 2               |                         | 0    |
| 4 | 1               |                         | 0    |
| 5 | 2               | Çağrı kat               | 11   |
| 6 | 3               |                         | 3    |
| 7 | 4               | Hedef kat               | 11   |

**Çizelge 4.3:** Senaryo 2 toplam yolculuk süresi hesaplama çizelgesi.

|   | Kat<br>Numarası | Kat Bilgisi             | Süre |
|---|-----------------|-------------------------|------|
| 1 | 3               | Asansörün bulunduğu kat | 3    |
| 2 | 2               | Çağrı kat               | 11   |
| 3 | 3               |                         | 3    |
| 4 | 4               | Hedef kat               | 11   |

Senaryo 3'e göre asansör 1. katta iken 1. kattaki yolcu 3. kata gitmek istediğinde asansör 1. kattan 3. kata doğru hareket edecektir. Ancak asansör 1. kattan ayrılmadan 2. yolcu, 2. kattan 4. kata gitmek istemektedir. Bu durumda asansör 2. yolcuyu, 2. kattan aldıktan sonra 3. kata doğru hareket etmektedir. Asansör 3. kata ulaştığında 1. yolcuyu bırakmaktadır. Daha sonra 2. yolcuyu 4. kata bırakmaktadır. Hareket rotası ve her kat için harcanan süre çizelge 4.5'te gösterilmektedir. 2. yolcunun toplam yolculuk süresi 44 saniye olarak hesaplanmaktadır.

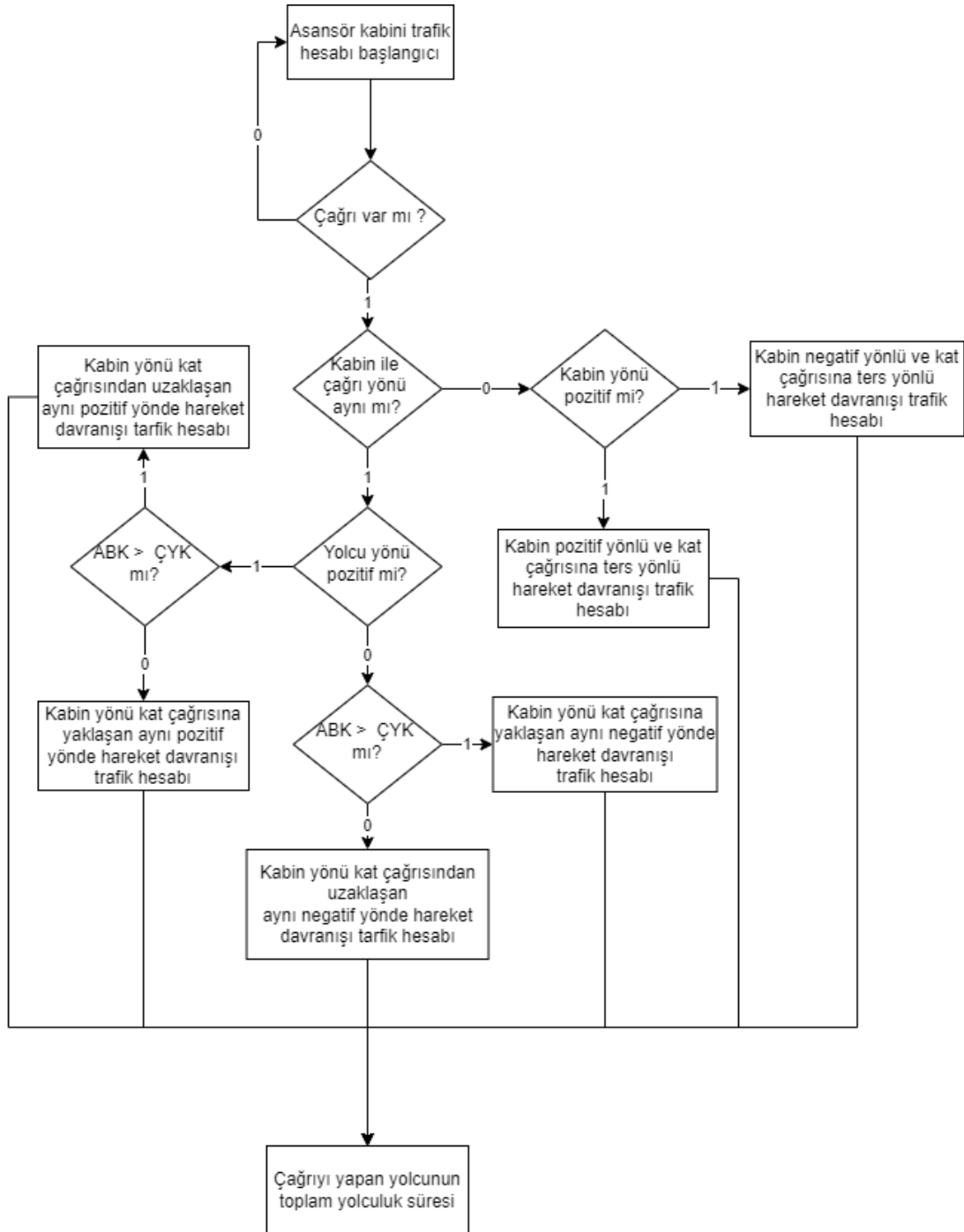
**Çizelge 4.4:** Senaryo 3 toplam yolculuk süresi hesaplama çizelgesi.

|   | Kat<br>Numarası | Kat Bilgisi                                | Süre |
|---|-----------------|--------------------------------------------|------|
| 1 | 1               | Asansörün bulunduğu kat, Yolcu 1 çağrı kat | 3    |
| 2 | 2               | Yolcu 2 çağrı kat                          | 11   |
| 3 | 3               | Yolcu 1 hedef kat                          | 3    |
| 4 | 4               | Yolcu 2 hedef kat                          | 11   |

Yukarıda anlatılan hesaptaki hareket rotası, asansörün bulunduğu kat, asansörün içindeki ve yeni yolcunun çağrı yaptığı kat ve hedef kat bilgisi ile yapılmaktadır. Bu hareket rotası ile asansörün katı geçme süreleri de kullanılarak toplam yolculuk süresi hesaplanması asansör trafik hesabı modülünde yapılmaktadır.

#### 4.4.4 Asansör trafik hesabı ADM diyagramı

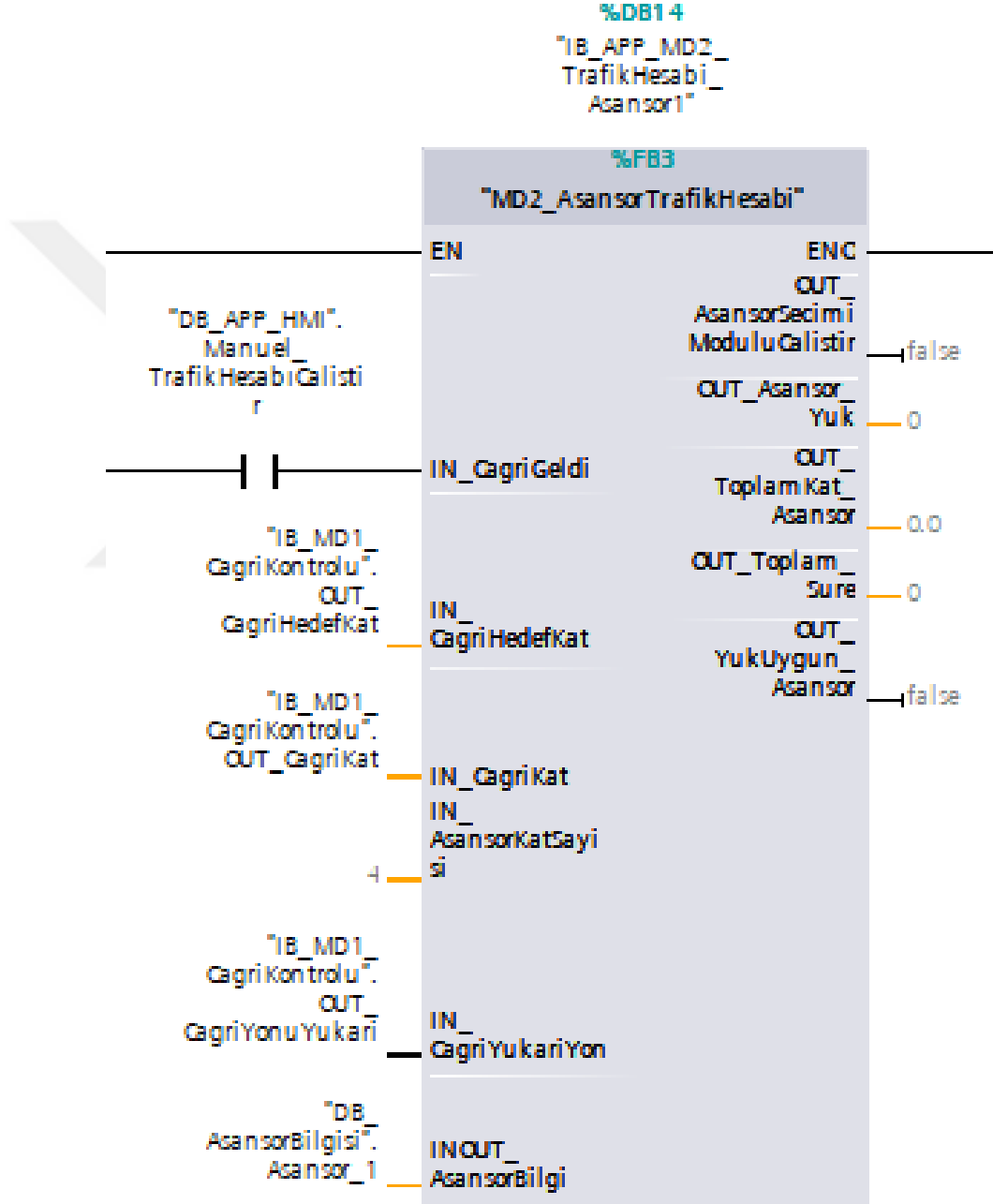
Asansör trafik hesabında anlatıldığı gibi öncelikle asansör ve yolcunun hareket ve konumlarına göre yapılacak olan trafik hesabı seçilmektedir. Seçilen trafik hesabı ile kabinler için ayrı ayrı toplam yolculuk süresi bulunmaktadır.



Şekil 4.15: Asansör trafik hesabı ADM diyagramı.

#### 4.4.5 Asansör trafik hesabı PLC fonksiyon bloğu

Çağrı yapan yolcunun yolculuk süresini ve kabinin yük bakımından uygunluğunu kontrol eden trafik hesabı modülü oluşturuldu. Her bir kabin için modüller ayrı ayrı kullanıldı.



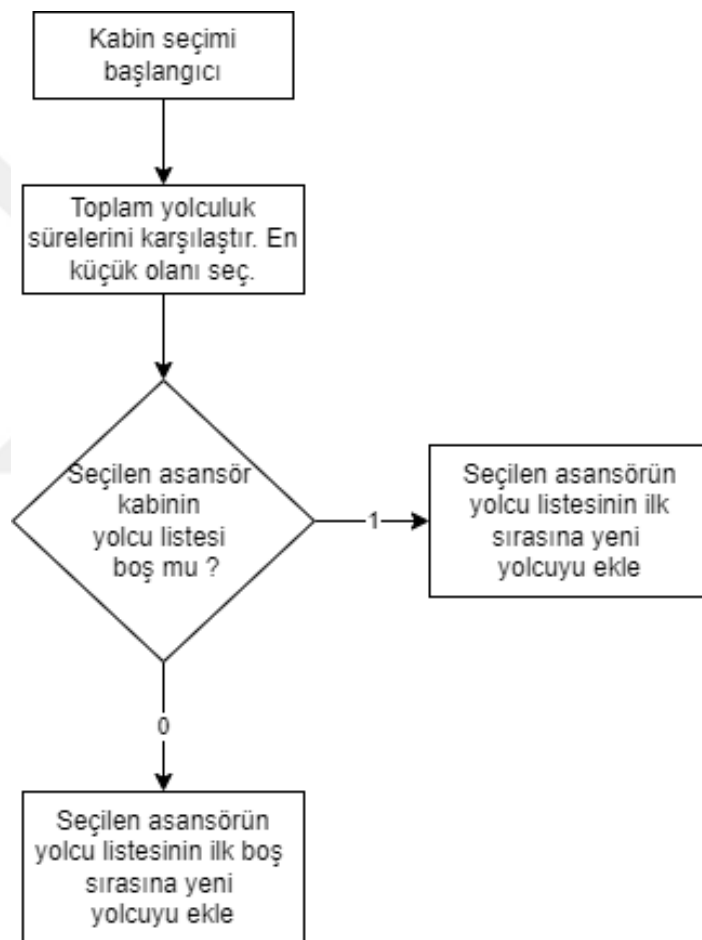
Şekil 4.16: Asansör süre hesabı fonksiyon bloğu.

## 4.5 Kabin Seçimi

Yolcuyu en kısa sürede hedefe ulaştırmak için yukarıdaki asansör trafiği çözümü yapılmaktadır. Bu çözüme göre yolcuya en uygun kabin ataması yapılmaktadır.

İlk olarak asansörün yük bakımından uygunluğu kontrol edilmektedir. Uygun kabinler ile yolcunun yolculuk süresi bulunmaktadır. En kısa yolculuk süresi olan asansör kabinine çağrı yapan yolcu atanmaktadır.

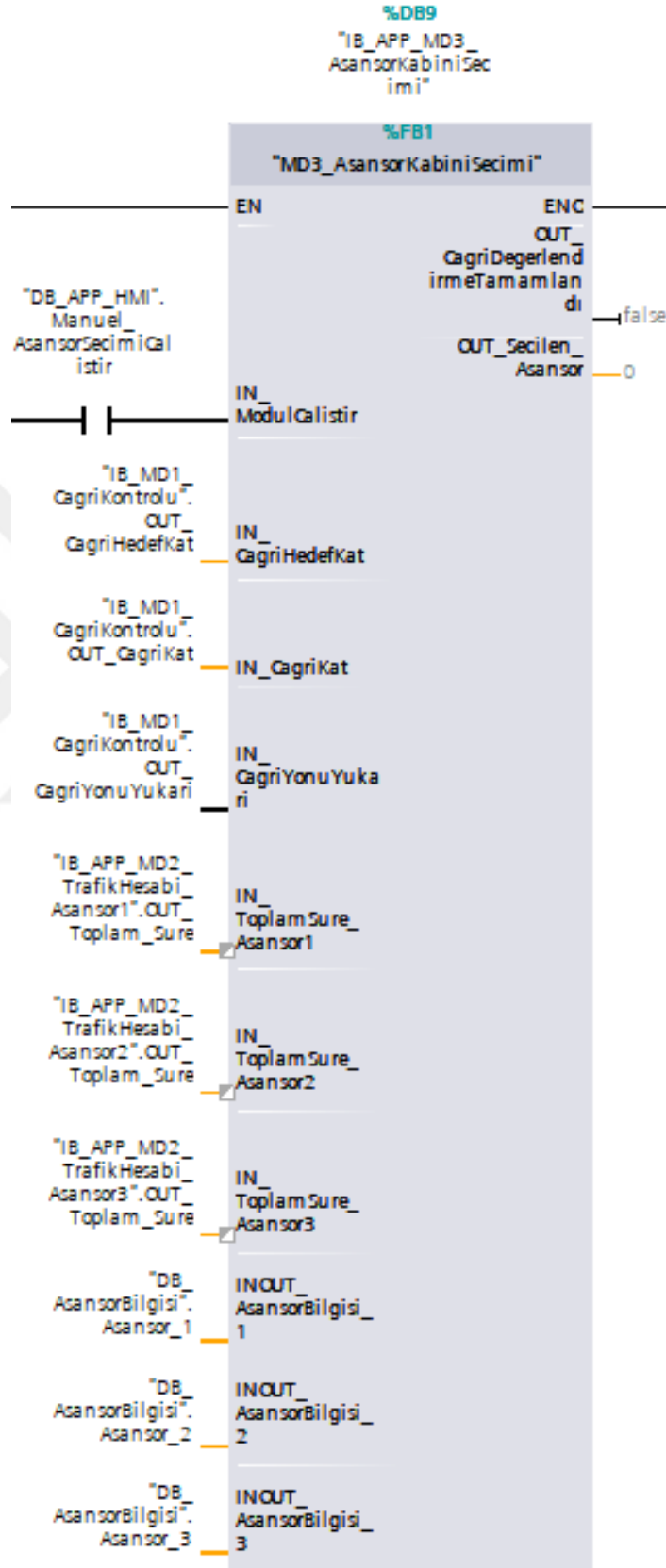
### 4.5.1 Kabin seçimi ADM diyagramı



Şekil 4.17: Kabin seçimi ADM diyagramı.



#### 4.5.2 Asansör kabini seçimi PLC fonksiyon bloğu



Şekil 4.18: Asansör kabini seçimi fonksiyon bloğu.

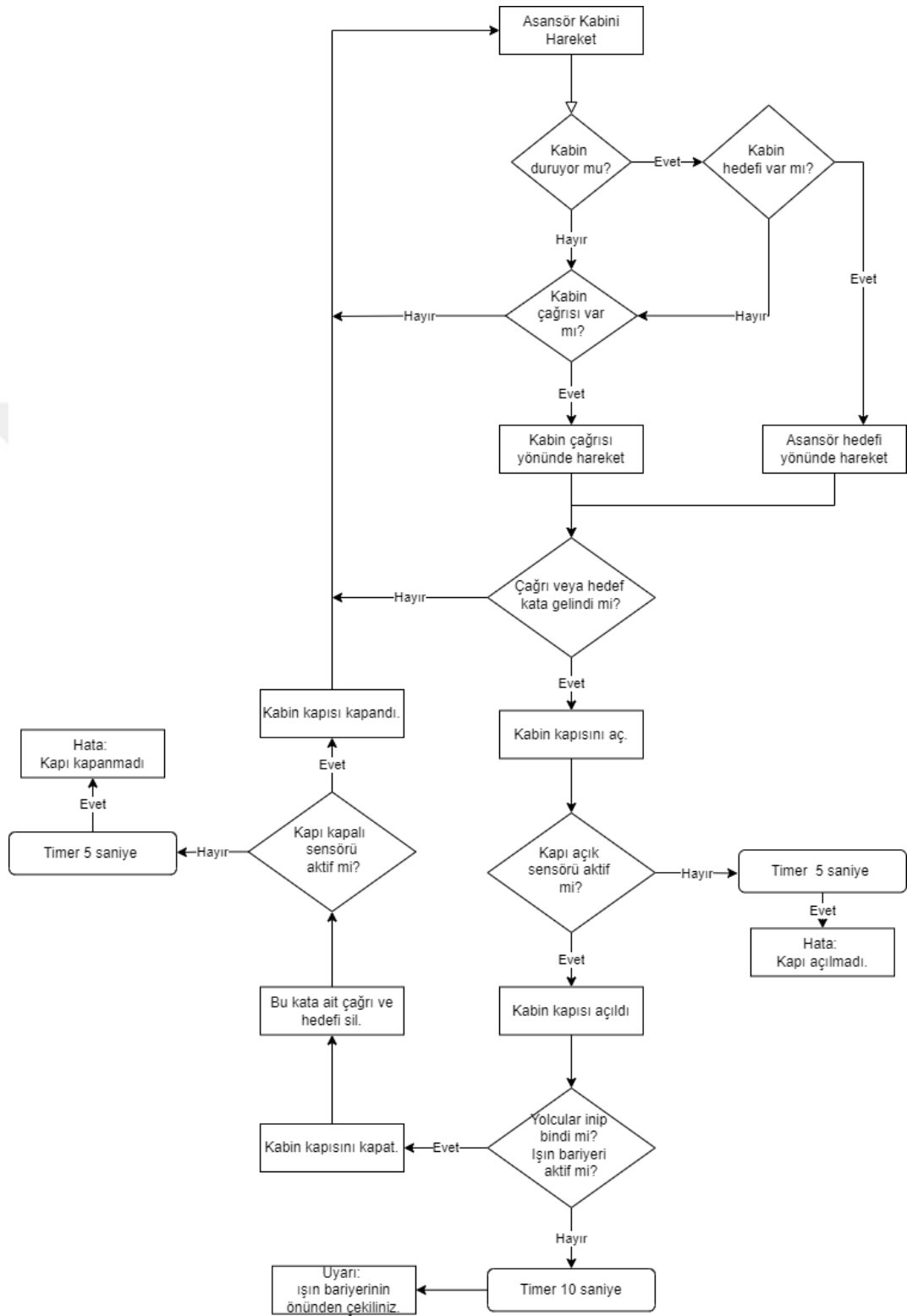
#### **4.6 Asansör Katları Arası Hareket Kontrolü**

Asansörün donanım birimlerinin hareketi, asansör hareket kontrolü modülü ile yapılmaktadır. Asansör kabini sensör, ışın bariyeri ve servomotor sürücüsü gibi birçok endüstriyel ürünün durumuna bağlı olarak çalıştırılmaktadır.

Asansör harekete geçmeden önce hareket yönündeki bir sonraki kat için yolcu listesindeki yolcuların çağrı ve hedef katlarını kontrol etmektedir. Bir sonraki kat için hedef veya çağrı varsa hedef durak katını belirlemektedir. Eğer çağrı veya hedef yoksa sıradaki diğer katlarda çağrı veya hedef katı aramaktadır.

Hedef katı olan asansörün harekete geçebilmesi için kapıları kapalı olmalıdır. Kapı kapalı iken asansör hedef kata ilerler. Kata geldiğinde kapılarını açar. Hedef kata gelen yolcular katta asansörden iner ve çağrı yapan yolcular asansöre biner. Bu hareket ışın bariyeri ile kontrol edilebilir. Belirlenen süre içinde yolcu hareketleri tamamlandıktan sonra asansör kapısı kapatılır ve yeni hedef belirlenmektedir.

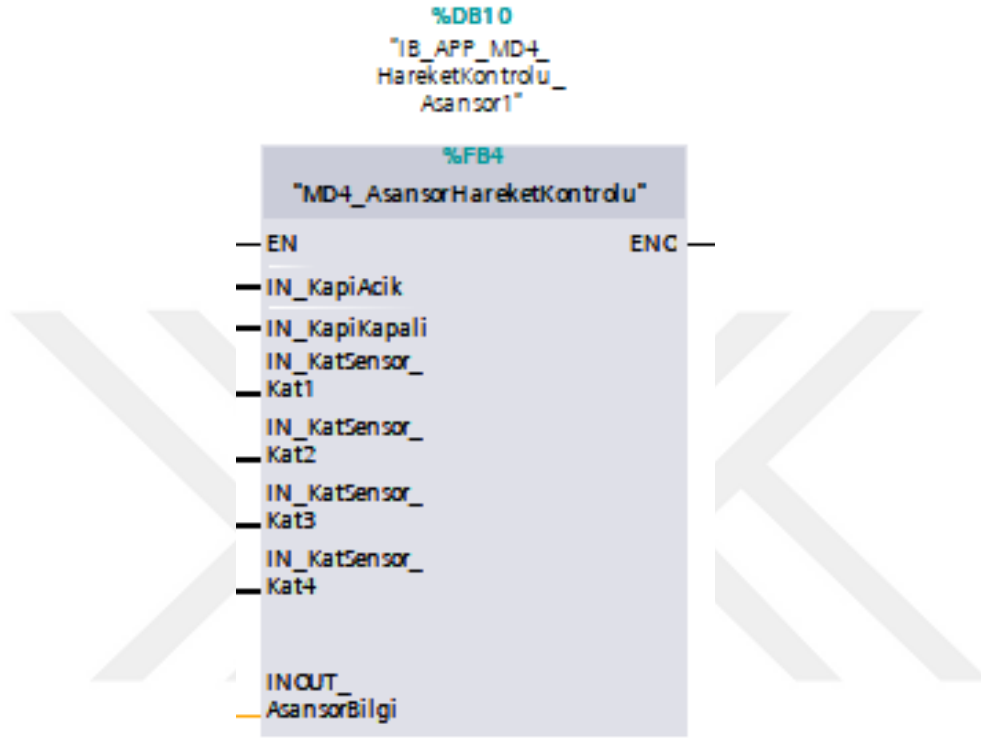
#### 4.6.1 Asansör hareket kontrolü ADM diyagramı



Şekil 4.19: Asansör kabini hareketi ADM diyagramı.

#### 4.6.2 Asansör hareket kontrolü PLC fonksiyon bloğu

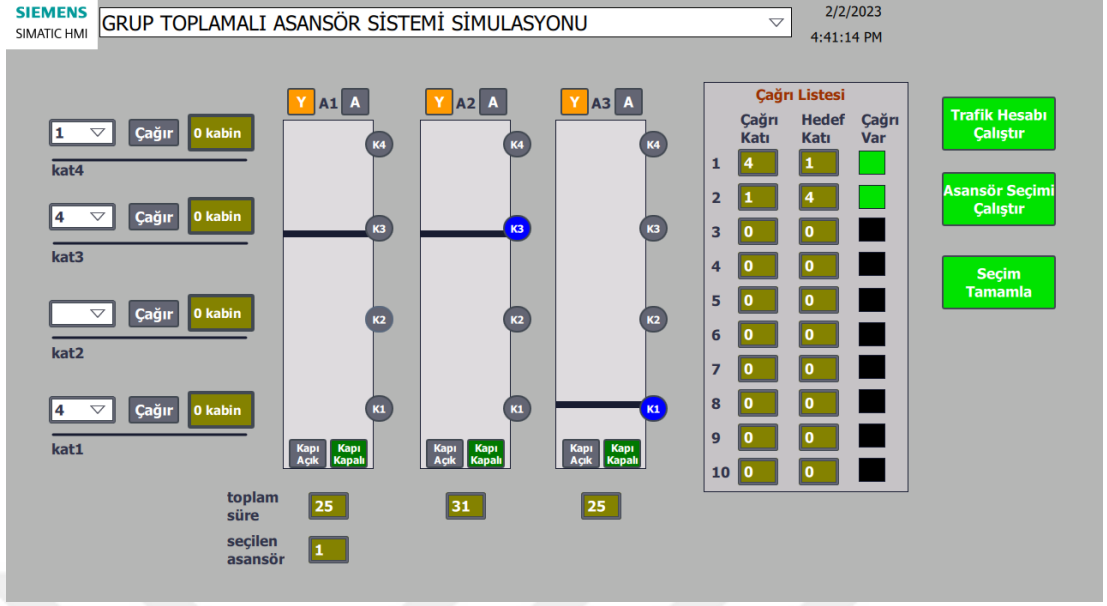
Asansör hareket kontrolü modülü oluşturulup üç asansör için de ayrı ayrı kullanılmaktadır. Asansör hareket kontrolü modülü giriş ve çıkışları aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 4.20: Asansör hareket kontrolü fonksiyon bloğu.

#### 4.7 Kullanıcı Arayüzü Tasarımı

Asansör sisteminin hareketlerinin izlenmesi ve kumanda edilmesi için arayüz tasarımı yapılmıştır. Arayüz ile kattaki çağrı paneli üzerinden hedef kat seçilip çağrı yap butonuna basılarak asansör çağrısı yapılmaktadır. Çağrı yapan yolcuya kullanacağı asansör kabini çağrı paneli üzerindeki gösterge ile gösterilmektedir. Kabin seçimi yapılırken öncelikle yolculuk süreleri hesaplanmaktadır. Sonra en kısa zamana sahip kabin seçilmektedir. Normalde bu işlem çok hızlı olmaktadır. Ancak aşamaları göstermek amacıyla ekrana trafik hesabı, asansör seçimi ve seçimi tamamla butonu, toplam süre göstergesi ve seçilen asansör göstergesi koyuldu. Şekil 4.19'da Siemens TIA Portal yazılımı ile oluşturulan HMI ekranında grup toplamalı asansörler için tasarımı yapılan basit bir kullanıcı arayüzü ekranı gösterilmektedir.



Şekil 4.21: Asansör kumanda sistemi kullanıcı arayüzü ekranı.

## 5. SONUÇ

Taşıma sistemlerinden grup toplama kumandalı asansörler, enerji tüketimini en aza indirmek için gerekli donanımsal alt yapı ve işletim özelliklerini taşırlar. Kabin trafiği kontrol edilerek enerji verimliliğini belirli oranda arttırmak olanaklıdır. Asansör kabin konumları, yolcu talepleri, çağrılan ve hedef kat konumları, yolcu sayısı gibi veriler kullanılarak uygun trafik düzenlemesi yapılabilir. Bu amaçla çeşitli model ve yaklaşımlar kullanılarak bir dizi kural üretilir. Çoğunlukla mantıksal özellikteki bu kurallar elektronik (lojik kapılar) veya mikroişlemcili birimler ile gerçekleştirilir. Bu tezde kurallar, algoritmik durum makinaları yaklaşımıyla elde edilmiş ve gerçekleştirilmiştir, otomasyon sistemlerinin temel birimi olan bir PLC kullanılmıştır. Ülkemizde asansör sistemlerinde çeşitli nedenlerle çok az kullanılan PLC'nin, enerji verimliliği gibi bir konuda güvenilir şekilde kullanılacağı gösterilmiştir. Modüler bir yapıda düzenlenen program, enerji verimliliğini iyileştirmeyi sağlayacak kurallara ilişkin fonksiyonlardan oluşmaktadır. Fonksiyonlar IEC 61131-3 standardında tanımlı bir yüksek düzey dil olan “SCL (Structured Control Language)” ile gerçekleştirilmiştir. Asansör sisteminin çalışmasının izlenmesi ve doğrulanması için bir HMI ekranı tasarlanmış ve olası çeşitli senaryolar izlenerek geçerliliği değerlendirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] **İmrak, C.E., ve Gerdemeli,İ.**, (2000). Asansör ve Yürüyen Merdivenler Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [2] **Bolat, B.**, (2006). “Asansör Kontrol Sistemlerinin Genetik Algoritma İle Simülasyonu”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3] Url-1 <<https://www.siemens.com/global/en/company/about/history/stories/electric-elevator.html>>, erişim tarihi 14.12.2022.
- [4] **Tavashoğlu, S.**, (2005). Asansör Uygulamaları, Final Matbaacılık, İstanbul.
- [5] **Kaya, M.**, (2006). “CE Kapsamında Asansörlerin İncelenmesi ve Hesapları”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6] **Altınörs, T.**, “Hidrolik Asansör Tahrik Sistemlerinde Güç Gereksinimi, Verimlilik, Isı Oluşumunun Nedenleri Ve Önleyici Yöntemler”, alındığı tarih 23.12.2022, alındığı adres [https://www.emo.org.tr/ekler/92f2c8742653493\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/92f2c8742653493_ek.pdf)
- [7] **Closs, G. D.** (1970). *The computer control of passenger traffic in large lift systems* (Doctoral dissertation, University of Manchester Institute of Science and Technology).
- [8] **Dağdelen, U., Karaboğa, D., Bağış, A.**, (2018). “Grup Asansörleri İçin Kontrol Sistemlerinin Benzetimi ve Gerçekleştirilmesi”, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi.
- [9] **Barney, G. C., Barney, G. C., & Dos Santos, S. M.** (1985). *Elevator traffic analysis, design and control* (Vol. 2). Inst of Engineering & Technology.
- [10] **Strakosch, G. R.** (1983). *Vertical transportation: elevators and escalators*. Wiley.
- [11] **Çiflikli, C., & Tartan, E. Ö.** (2018). Grup Asansör Sistemlerinin Simülasyonu. *Mühendis ve Makina*, 59(693), 1-18.
- [12] **Saadaoui, O., Khlaief, A., Chaari, A., & Boussak, M.** (2014, December). A new approach rotor speed estimation for PMSM based on sliding mode observer. In *2014 15th International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA)* (pp. 968-973). IEEE.
- [13] **L. Harnefors, S. E. Saarakkala and M. Hinkkanen**, (2013) “Speed control of electrical drives using classical control methods,” IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 49, no. 2, pp. 889–898.
- [14] **Abassi, M., Khlaief, A., Saadaoui, O., Chaari, A., & Boussak, M.** (2015, December). Performance analysis of FOC and DTC for PMSM drives using SVPWM technique. In *2015 16th International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA)* (pp. 228-233). IEEE.

- [15] **Bida, V. M., Samokhvalov, D. V., & Al-Mahturi, F. S.** (2018, January). PMSM vector control techniques—A survey. In *2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)* (pp. 577-581). IEEE.
- [16] **Kronberg, A.** (2012). Design and simulation of field oriented control and direct torque control for a permanent magnet synchronous motor with positive saliency.
- [17] **Kurtulan, S.**, (2007). Endüstriyel Kumanda Sistemleri, Nobel, Ankara.
- [18] **Kurtulan, S.**, (2010). PLC ile Endüstriyel Otomasyon, Birsen, İstanbul.
- [19] **Mano, M. M., Boğosyan, S., Gökaşan, M., & Kurtulan, S.** (2002). *Sayısal tasarım*. Literatür Yayınları.
- [20] **Ruokokoski, M., & Siikonen, M. L.** (2017, September). Lift Planning and Selection Graphs. In *7th Symposium on Lift and Escalator Technologies* (Vol. 7, No. 1, pp. 234-244).
- [21] **Siikonen, M. L.** (1997). *Planning and control models for elevators in high-rise buildings* (pp. 6-7). Espoo: Helsinki University of Technology.
- [22] **Siikonen, M. L., Susi, T., & Hakonen, H.** (2001). Passenger traffic flow simulation in tall buildings. *Elevator world*, 49(8), 117-123.



## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad-Soyad : Nükte IŞILAK ÜNLÜ**

### **ÖĞRENİM DURUMU:**

- **Lisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi , Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği

### **MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:**

- 2017-2020 yılları arasında Kaban Makina Şirketi’nde Ar-Ge Otomasyon Mühendisi
- 2020-2022 yılları arasında Lodamaster Şirketi’nde Otomasyon Mühendisi