

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ELM4421
ELEKTRİK TESİSLERİ LABORATUVARI
DENEY FÖYÜ



2022

İÇİNDEKİLER

ELEKTRİK TESİSLERİ LABORATUVARI İÇ TÜZÜĞÜ.....	1
1. DENEY 1: SİGORTALAR.....	2
1.1. Deneyin Amacı	2
1.2. Teorik Bilgiler.....	2
1.2.1. Giriş.....	2
1.2.2. Eriyen Telli Sigortalar.....	2
1.2.2.1. D Tipi Sigortalar (Buşonlu-Sigortalar).....	4
1.2.2.2. NH-Tipi Sigortalar (Bıçaklı Sigortalar).....	7
1.2.3. Otomatik Sigortalar.....	9
1.3. Deneyin Yapılması.....	12
1.4. Sorular	13
2. DENEY 2: KONTAKTÖRLER.....	14
2.1. Deneyin Amacı	14
2.2. Teorik Bilgiler.....	14
2.2.1. Kontaktörlerin Yapısı.....	14
2.2.2. Kontaklar Ve Kontak Çeşitleri.....	15
2.2.3. Kontaktör Devresi	17
2.2.3.1. Ana Akım Ve Kumanda Devresi Çalışması.....	19
2.2.3.1.2. Kumanda Devresinin Çalışması	19
2.2.4. Kontaktörlerin Çalışma Sınıfları	20
2.2.4.1. Alternatif Akım Devrelerinde Kullanılan Kontaktörlerin Çalışma Sınıfları.....	20
2.2.4.2. Doğru Akım Devrelerinde Kullanılan Kontaktörlerin Çalışma Sınıfları	20
2.2.5. Motor Güçlerine Ve İstenilen Kontak Ömürlerine Göre Kontaktör Seçimi	21
2.2.5.1. İşletme Koşullarına Göre Kontak Ömürlerinin Hesaplanması.....	21
2.2.5.2. Kontaktör Seçimi	22
2.3. Deneyin Yapılması.....	22
2.3.1. Kontaktör Bobinin Çekme Ve Bırakma Gerilimlerinin Ölçülmesi.....	22
2.3.2. Termik Aşırı Akım Rölesi İle Korunan Bir Motora Kontaktör İle Kumanda Edilmesi.	23
2.3.3. Zaman Rölesi ile Kontaktöre Kumanda Edilmesi.....	24
2.4. Sorular	25
3. DENEY 3: TERMİK AŞIRI AKIM RÖLESİ.....	26
3.1. Deneyin Amacı	26
3.2. Teorik Bilgiler.....	26
3.3. Deneyin Yapılması.....	29
3.4. Sorular	30
4. DENEY 4: Reaktif Güç Kompanzasyonu.....	31
4.1. Deneyin Amacı	31
4.2. Teorik Bilgiler.....	31

4.2.1. Aktif ve Reaktif Güçler	31
4.2.2. Reaktif Güç Kompanzasyonu	32
4.3. Anlık Güç grafikleri	32
4.3.1. Omik yük.....	32
4.3.2. Kapasitif yük	33
4.3.3. Endüktif yük.....	34
4.3.4. Omik-Kapasitif yük.....	35
4.3.5. Omik-Endüktif yük	35
4.3.6. Omik-Endüktif-Kapasitif yük	36
4.4. Kompanzasyonun faydaları.....	38
4.5. Genel Hükümler	38
4.6. Kompanzasyon çeşitleri	42
4.6.1. Sabit kompanzasyon.....	42
4.6.2. Merkezi kademeli mekanik anahtarlama	42
4.7. Kompanzasyon panosu ve elemanları	43
4.7.1. Reaktif güç kontrol rölesi.....	44
4.7.2. Kondansatörler (Kademeler).....	44
4.7.3. Kontaktörler	44
4.7.4. Akım trafoları.....	44
4.7.5. Sigortalar	44
4.8. Örnek soru ve çözümü	45
4.9. Sorular	46

5. DENEY 5: ALÇAK GERİLİM ŞEBEKELERİNDE KULLANILAN TOPRAKLAMA SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ..... 47

5.1. Deneyin Amacı	47
5.2. Teorik Bilgiler.....	47
5.2.1. Giriş.....	47
5.2.2. Hata Akım Devresi.....	47
5.3. Kaçak Akımı Koruma Cihazı Ve Hata Akımı İle Koruma Bağlaması	50
5.4. TT, TN ve IT Tipi Topraklama Sistemli Alçak Gerilim Şebekeleri	53
5.4.1. TT Tipi Topraklama Sistemi.....	54
5.4.2. TN Tipi Topraklama Sistemi	57
5.4.2.1. TN-C Tipi Topraklama Sistemi	58
5.4.2.2. TN-S Tipi Topraklama Sistemi.....	59
5.4.2.3. TN-C-S Tipi Topraklama Sistemi.....	59
5.4.3. IT Tipi Topraklama Sistemi.....	60
5.4.3.1. IT Topraklama Sisteminde Hataların Belirlenmesi	63
5.4.3.2. Üç Voltmetre Yöntemiyle İzolasyon Kontrolü Metodu	63
5.4.4. İzolasyon Kontrol Cihazı	64
5.5. Deneyin Yapılışı	66
5.5.1. Deneyde Kullanılan Araç Ve Gereçler.....	66
5.5.2. Kaçak Akım Koruma Cihazının İncelenmesi.....	66
5.5.3. TT Tipi Topraklama Sistemli Alçak Gerilim Şebekesi.....	67
5.5.4. TN Tipi Topraklama Sistemli Alçak Gerilim Şebekesi	69
5.5.5. IT Tipi Topraklama Sistemli A.G Şebekesi.....	70

ELEKTRİK TESİSLERİ LABORATUVARI İÇ TÜZÜĞÜ

Elektrik Tesisleri Laboratuvarında çalışanlar, bu gibi yerlerde söz konusu olabilecek tehlikelerin tamamıyla ortadan kaldıramayacağını bilmelidirler. Laboratuvarlarda geçici veya sürekli olarak çalışan her şahıs belirtilen tehlikeler karşısında gerek kendisini ve gerekse diğer şahısları tehlikeden uzak bulundurmak amacıyla gerekli her türlü güvenlik önlemlerini almak ve aşağıda belirtilen noktalara kesinlikle uymak zorundadır. Karşı davranışta bulunanlar, meydana gelebilecek her çeşit tehlikeden öncelikle kendilerinin sorumlu olacaklarını bilmelidirler.

Deney Montajının Hazırlanması: Deney montajı, ilgili montaj şemasına göre kabloların ilgili yerlere sağlam şekilde takıldığından emin olacak bir biçimde yapılacaktır. Deneye başlamadan önce deney montajı, deneyi yaptıran şahsa gösterilecektir. Deneye, deneyi yaptıran şahsın kontrol ve izninden sonra enerji verilecektir.

Deneyin Yapılması: Laboratuvardaki cihazların şalter ve sigortaları ana tablo üzerinde bulunmaktadır. Her şalter ve sigortanın ait olduğu devre yazılı olarak belirtilmiştir. Deney sırasında bu şalterlerin açılıp kapatılmasında, her türlü güvenlik önlemlerinin alındığına dikkat edilmelidir. Bu kumanda panoları gerekli otomatik şalterleri, sigortaları ve ayar düzeneğini içermektedir. Bir deneye başlamadan önce, bu kumanda panolarındaki şalterlerin açık ve ayar düzeneğinin başlangıç konumunda olmasına özellikle dikkat edilecektir. Önce ana tablo üzerindeki şalter, güvenlik önlemleri göz önünde bulundurulmak koşuluyla kapatılarak, cihazın kumanda panosuna gerilim verilir. Bundan sonra kumanda panosundaki şalter kapatılarak deneye başlanır. Bir deney sırasında devre ilk olarak deneyi yaptıran tarafından kapatılacak, bunu izleyen devre açıp kapamalar deneyi yapanlar tarafından yapılabilecektir. Deneyin devamı sırasında deney düzeneğine dokunmak gerektiğinde yalnız ototransformatörün sıfır (0) konumuna getirilmesi yeterli değildir. Ayrıca ana tablo üzerindeki şalter açılmadıkça deney düzeneğine dokunmak yasaktır. Deney sırasında kullanılmayan cihazlara ait kumanda panolarını karıştırmak ve gereksiz müdahalelerde bulunmak yasaktır.

1	Ellerinizi sık sık su ve sabun ile en az 20 saniye boyunca olarak yıkayın.	8	Bulunduğunuz ortamları sık sık havalandırın.
2	Soğuk algınlığı belirtileri gösteren kişilerle aranızda en az 3-4 adım mesafe koyun.	9	Kıyafetlerinizi 60-90°C'de normal deterjanla yıkayın.
3	Öksürme veya hapşırma sırasında ağız ve burununu tek kullanımlık mendille kapatın. Mendil yoksa dirseğin iç kısmını kullanın.	10	Kapı kolları, armatürler, lavabolar gibi sık kullandığınız yüzeyleri su ve deterjanla her gün temizleyin.
4	Tokalaşma, sarılma gibi yakın temaslardan kaçının.	11	Soğuk algınlığı belirtileriniz varsa yaşlılar ve kronik hastalığı olanlarla temas etmeyin, maske takmadan dışarı çıkmayın.
5	Ellerinizi gözlerinize, ağızınıza ve burnunuza dokunmayın.	12	Havlu gibi kişisel eşyalarınızı ortak kullanmayın.
6	Yurt dışı seyahatlerinizi iptal edin ya da erteleyin.	13	Bol sıvı tüketin, dengeli beslenin, uyku düzeninize dikkat edin.
7	Yurt dışından dönüşte ilk 14 günü evinizde geçirin.	14	Düşmeyen ateş, öksürük ve nefes darlığınız varsa, maske takarak bir sağlık kuruluşuna başvurun.

1. DENEY 1: SİGORTALAR

1.1. Deneyin Amacı

Sigortaların çalışma prensiplerinin, yapılarının, sigorta çeşitlerinin incelenmesi, bir otomatik sigortanın $t=f(I/I_n)$ karakteristik eğrisinin çıkartılması, böylece otomatik sigorta içerisindeki termik ve manyetik açıcıların eğri üzerinde hangi bölgelerde çalıştığının belirlenmesi.

1.2. Teorik Bilgiler

1.2.1. Giriş

Bir elektrik devresindeki devre elemanlarının ve iletkenlerin dayanabilecekleri belirli maksimum akım değerleri vardır. Devreden geçen akım bu maksimum değeri aşarsa, akımın şiddetine ve geçiş süresine bağlı olarak devre elemanlarında ve iletkenlerde onarılamaz hasarlar meydana gelir, devrede yangın tehlikesi ortaya çıkar. O halde devreden geçen akımı sınırlandırmak, geçen akım belirli bir değeri aşarsa devreyi açarak devre elemanlarını ve iletkenleri korumak gerekir. Bu durumda gerekli olan aşırı akım ve kısa devreye karşı koruma işlevini en kolay, ucuz ve basit olarak gerçekleştiren eleman sigortadır.

Sigortalar, yapılış şekline ve çalışma prensiplerine göre "Eriyen Telli Sigortalar" ve "Otomatik Sigortalar" olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

1.2.2. Eriyen Telli Sigortalar

Eriyen telli sigortalarda sigorta üzerinden geçen akım sigorta içerisindeki buşon adı verilen eleman içindeki telin ısınmasına neden olur. Bu tel gümüş veya bakır alaşımından çubuk veya şerit şeklinde özel olarak imal edilmiştir. Telin veya şeridin boyutları devreden geçen nominal akıma göre tayin edilir. Devreden nominal akım seviyesinde bir akım geçtiği sürece sigorta devreyi açmaz. Ancak bir arıza sonucu olarak devreden geçen akım şiddeti artarsa, akım devresinin başka bir bölümü bundan zarar görmeden ilk olarak sigorta teli ısının erir, koparak devreyi açar. Kısa devre arızasının başlamasından itibaren sigortanın devreyi açması için (telin erimesi için) geçen süre arıza akımının şiddetine bağlıdır. Eğer kısa devre akımı düşük ise sigorta devreyi daha geç keser, büyük kısa devre akımlarında sigorta teli çok kısa zamanda erir, bu da bir nevi seçicilik sağlar. Eriyen telli sigortaların erime zamanları 5 ms'nin (50 Hz frekanslı sistemde 1/4 periyot) altında olduğu takdirde, bu sigortalar devreyi kesmek suretiyle kısa devre

akımı maksimum değerine ulaşmadan kısa devre akımını sınırlarlar. Bu takdirde devreden geçen kısa devre akımının tepe değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$I_s = \sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot \sin(18 \cdot t_e)^0$$

I_s : Devreden geçen kısa devre akımının tepe değeri (kA)

I_k'' : Başlangıç kısa devre akımının efektif değeri (kA)

t_e : Sigorta telinin erime zamanı (ms)

t_s : Arkın söndürülme zamanı (ms)

Denklemdaki 18 sayısı 1 ms'nin elektriksel açı değerinin karşılığıdır (20 ms=360°).

Eriyen telli sigortalar yapılış bakımından iki ana gruba ayrılırlar; bunlardan birincisi D - tipi (buşonlu) ve NH - tipi (Bıçaklı) sigortalardır. D - tipi sigortalar, 380 V için 2–100 A'e kadar ve 500 V için 2 – 200 A'e kadar imal edilirler. Bunlar vidalı buşonlu normal sigortalardır ve tercihen 63 A'e kadar kullanılırlar. NH - tipi sigortalar ise 1000 V'a kadar 6–630 A için imal edilirler, bunlar bıçaklı tip sigortalardır.

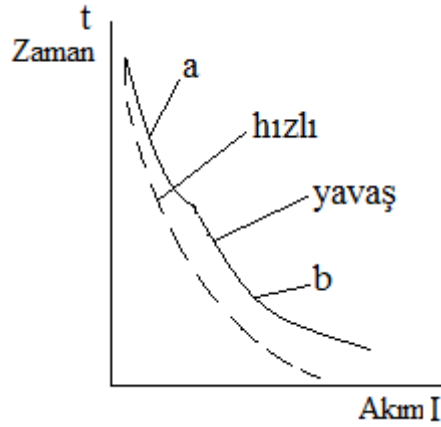
Eriyen telli sigortalar, yapılışına ve tipine göre nominal akımın 1,3 – 1,4 katı akımlarda 1–2 hatta 3 saatte erimezler. Buna karşılık nominal akımın 1,6 – 2,1 katı akımlarda bu zamanlar içinde erirler.

Sigorta teli tek bir madenden, mesela bakırdan veya gümüşten yapılan sigortaların erime karakteristikleri daha diktir; bunlara "hızlı eriyen sigortalar" denir. Buna karşılık erime teli üzerinde ilave olarak bir lehim bulunan sigortanın karakteristiği iki kısımdan oluşur.

a. Lehimin erime karakteristiği

b. Erime telinin erime karakteristiği

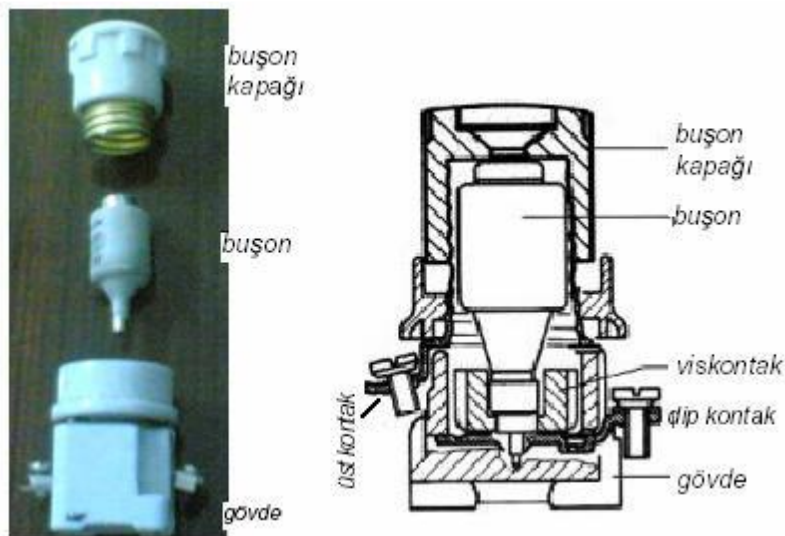
Karakteristiği bu şekilde biraz daha yatık olan sigortalara "yavaş eriyen sigortalar" adı verilir. Şekil 1.1'de yavaş ve hızlı erime karakteristikleri gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Eriyen Telli Hızlı ve Yavaş Sigortaların Akım-Zaman Karakteristikleri
a. Lehimin erime karakteristiği, b. Erime telinin erime karakteristiği

1.2.2.1. D Tipi Sigortalar (Buşonlu-Sigortalar)

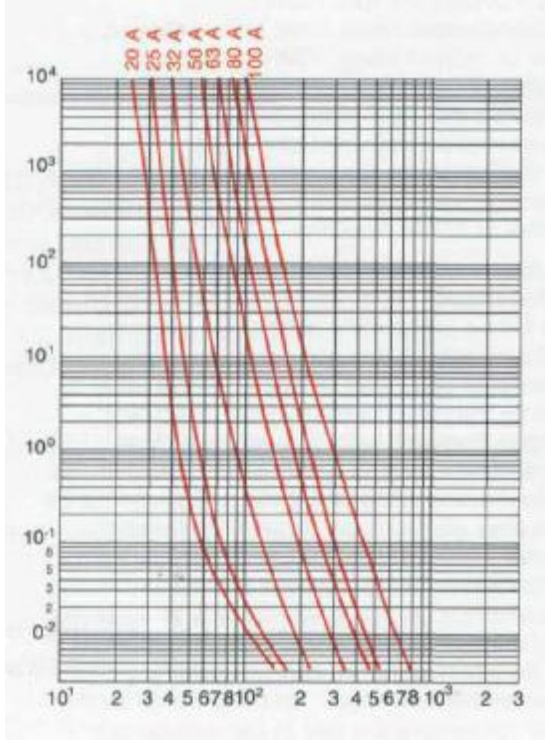
Buşonlu sigortalar; gövde, buşon, buşon kapağı (buşon başı) ve viskontak olmak üzere dört kısımdan oluşur. (Şekil 1.2) Gövdenin görevi; korunacak hatla bağlantı temin etmektir. Şebekeden gelen hat, daima gövdenin viskontağına, alıcıya giden hat da gövdede buşon kapağının takıldığı vidalı iletken kısma bağlanır. Viskontak gövdenin dibinde buşonun alt kontağının değıdiği, iletken viskontak yüksüğü ise sigortaya daha büyük akımlı buşonun konulmasını önleyen genellikle porselenden yapılan yalıtkan parçadır. Buşonlu sigorta gövdeleri 25A, 63A ve 100A'lık olarak imal edilirler. 2A ve 25A arasındaki buşonlar için 25A'lık gövde, 35A – 63A arasındaki buşonlar için 63A'lık gövde ve 80A – 100A'lık buşonlar için de 100A'lık gövde kullanılır.



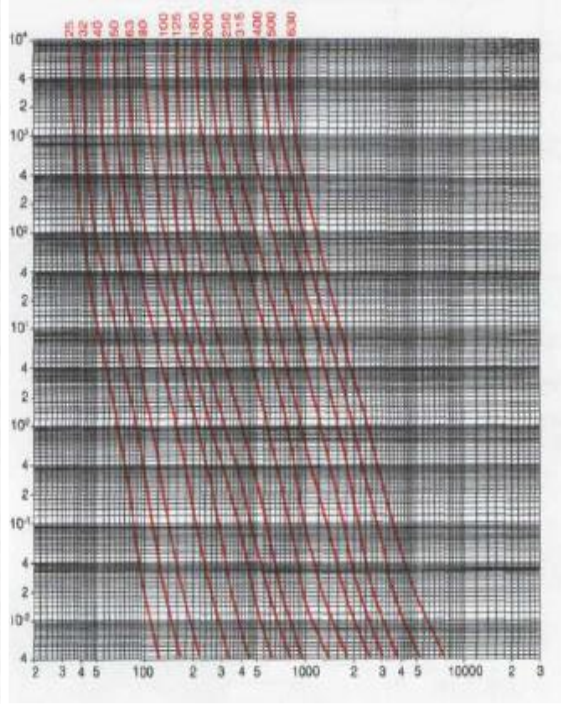
Şekil 1.2 Bir Duvar Tipi Sigorta ve Buşon

TABLO 1.1 D Tipi Sigortaların Nominal Akımları

I_{sn} (A)	2-4-6-10-16-20-25-35-50-63-80-100
--------------	-----------------------------------



(a)



(b)

Şekil 1.3 Sigorta Buşonlarının Zaman-Akım Karakteristikleri

a) Normal buşon b) Gecikmeli buşon

Büyük kısa devre akımlarında sigorta telinde büyük ısınmalar meydana gelir ve tel eriyip koparken meydana gelen arkın sıcaklığı 1000°C'nin üstüne çıkar. Bu nedenle sigorta teli yanmaya elverişli olmayan porselen veya seramik bir mahfazanın (buşon) içine yerleştirilir. Arkın soğutulması ve söndürülmesi için buşonun içi gayet ince ve temiz kumla (kuvartz kumu) doldurulur. Sigorta telinin istenen akım şiddetinde erimesini sağlamak için tel özel alaşımlı hır lehim ile donatılır.

Buşon içerisinde sigorta telinden başka bir de ince bir gösterge teli vardır. Gösterge telinin üst ucu bir pul şeklinde olan gösterge ile bağlıdır. Bir yay göstergeyi yukarı doğru iter ancak gösterge teli bunu aşağı çekerek dengeler. Sigorta teli eriyince gösterge teli de kopar ve yay göstergeyi fırlatır böylece buşona bakılınca telin eridiği anlaşılır. Her akım için ayrı bir gösterge rengi vardır. Örneğin; 10 A kırmızı, 25 A sarı gibi.

D tipi sigortalar 50 kA'e kadar kısa devre akımlarını kesebilirler. D tipi sigorta buşonları normal, gecikmeli ve hızlı olmak üzere üç değişik karakterde yapılmaktadır. Aynı aşırı akım değeri için devreyi kesme zamanı normal tipe nazaran gecikmeli tipte daha fazla ve hızlı tipte ise daha azdır. (Şekil 1.3) Bunlardan gecikmeli tipler, motorların yol alma akımlarına dayanabilmeleri için motor devrelerinde, normal tipler aydınlatma devrelerinde ve omik yüklü devrelerde ve hızlı tipler de yangın, patlama vb. tehlikelere maruz kalan yapı tesisatlarında kullanılır.

Şekil 1.3'te normal buşon ve gecikmeli buşon için zaman-akım karakteristikleri gösterilmiştir. Buna göre örneğin 50 A'lık bir buşon ile beslenen elektrik devresinden 300A geçtiğinde normal buşonun 0,02 saniye ve gecikmeli buşonun da 0,5 saniye sonunda attığı görülür.

TABLO 1.2 Yalıtılmış Üç Grup İletkene Ait Aşırı Akım ve Nominal Sigorta Akımları

İletken Kesiti [mm ²]	İLETKENLERİN AŞIRI YÜKLENME SINIRLARI VE SEÇİLEBİLECEK SİGORTALAR (D tipi veya NH tipi sigortalar)					
	1. Grup		2. Grup		3. Grup	
	I_{max} [A]	Sigorta akımı [A]	I_{max} [A]	Sigorta akımı [A]	I_{max} [A]	Sigorta akımı [A]
1	12	10	16	16	20	20
1.5	16	16	20	20	25	25
2	21	20	25	25	34	35
4	27	25	35	35	45	50
6	35	35	50	50	57	63
10	48	50	63	63	78	80
16	65	63	80	80	104	100
25	88	8	100	100	137	125
35	110	100	125	125	168	160
50	140	125	160	160	210	200
70	-	-	224	224	260	260
95	-	-	260	260	310	300
120	-	-	300	300	365	355

1. Grup: Boru içinde çekilmiş bir ya da birden fazla tek damarlı iletkenler. (NV gibi)
2. Grup: Termoplastik kılıflı iletkenler, borulu iletkenler, kurşun kılıflı iletkenler, plastik yalıtkanlı yassı iletkenler, hareket ettirilen iletkenler gibi çok damarlı iletkenler.
3. Grup: Havada açık olarak iletkenler arasında en az iletken dış çapı kadar açıklık bulunacak biçimde çekilmiş bir damarlı iletkenler ile bağlama tesisleri ve dağıtım tablolarında kullanılan bir damarlı iletkenler.

1.2.2.2. NH-Tipi Sigortalar (Bıçaklı Sigortalar)

D tipi sigortalarda yani buşonlu sigortalarda akım, vidalı buşon kapağı üzerinden devresini tamamladığı için kapak tam sıkılmadığı zaman hafif bir gevşeklik kalacağı için özellikle büyük akımlarda buşon ve kapak arasında ark meydana gelir. Devre ark ile tamamlandığı için sigorta ısınır ve ark tam bir temas oluşturmadığından akımda kesintiler meydana gelir. Akımdaki bu kesintiler hem tesisata ve hem de yüke zarar verir. (Örneğin yük bir asenkron motor ise motor sık sık devreye girip çıkar ve her devreye girişinde yol alınca kadar aşın akım çeker). Ayrıca sigorta sarsıntılı bir ortamda ise (örneğin bir taşıt aracı, bir vinç vs.) bu durumda da buşon kapağı vida bağlantılı olduğu için buşonlu sigorta tercih edilmez.

Yukarıdaki problemleri ortadan kaldırmak üzere NH tipi sigortalar geliştirilmiştir. Bu sigortalarda buşon, karşılıklı iki bıçağı andıran sabit kontaklar arasına yerleştirilir ve buşon yerinden oynamaz. Bu nedenle NH-tipi sigortalara “Bıçaklı Sigortalar” da denir.



Şekil 1.4 NH Tipi Sigorta Buşonu Ve Altlığı (Bıçaklı Sigorta Buşonu)

Bıçaklı sigortalar altlık (kaide) ve buşon olmak üzere iki ana parçadan meydana gelir. Kesebilecekleri kısa devre akımları 100 kA'den büyüktür. Bundan dolayı bu sigortalara yüksek

güçlü veya yüksek kesme güçlü (NH: Niederspannungs Hochleistungs, HRC: High Rupturing Capacity) sigortalar denilmektedir.

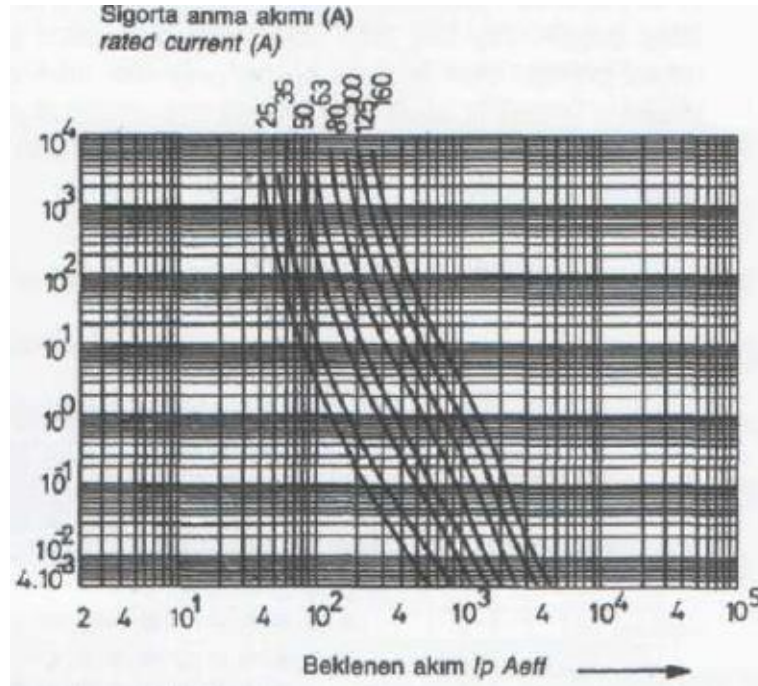
TABLO 1.3 NH Tipi Sigortalar İçin Nominal Akımlar

I_{sn} (A)	6-10-16-20-25-36-50-63-80-100-125-160 200-224-250-300-315-355-400-425-500-630
--------------	--

NH tipi sigortalar beş değişik boyda 6A'dan 630A'e kadar imal edilirler. (Tablo 1.3) Bu sigortalar nominal akımlarının 1.25 katını devamlı olarak taşıyabilmektedir. Bu nedenle bu sigortalar aşın akıma karşı kullanıyorsa o devre için müsaade edilen akımın ($1 / 1,25 = 0,8$) katı bir değerde sigorta seçilmelidir.

TABLO 1.4 NH Tipi Sigortaların Altlıklarına Göre Gruplandırılması

Boy	Altlık Anma Akımı	Buşon Anma Akımı
00	160 A	6....160 A
0	160 A	36.....160 A
1	250 A	80.....250 A
2	400 A	100....400 A
3	630 A	315....630 A

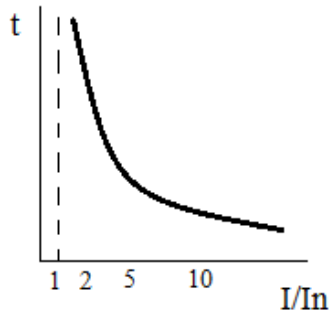


Şekil 1.5 NH Tipi Sigortaların Zaman-Akım Karakteristikleri

1.2.3. Otomatik Sigortalar

Eriyen telli sigortalar aşın akım ve kısa devre durumlarında bağlı bulundukları devreleri başarıyla korurlar. Ancak sigorta attığı zaman buşonun değiştirilerek aynı nominal akımda yeni bir buşon takılması gerekir. Gerek ekonomik sebeplerle ve gerekse bilgisizlik ve ihmal sonucu buşona tel sarılması, insanların canlarını, malların kazalar ve yangın felaketleri ile karşı karşıya bırakmaktadır. Ayrıca Elektrik İş Tesisat Yönetmeliği'ne göre de buşona tel sarılması yasaktır. Bu tür uygulama sonunda oluşacak tehlikelerden can ve malı koruyabilmek için yapılan araştırmalar sonucu eriyen telli sigortaya en yakın özellikle ancak eriyen telli sigortalardan daha kullanışlı “termik-manyetik otomatik devre koruma şalterleri” geliştirilmiştir. Bu şalterlere kısaca “Otomat” veya “Otomatik Sigorta” da denir. Bir arıza sonucu devreden aşırı akıma veya kısa devre akımı geçmesi sebebiyle otomatik sigortanın devreyi açtırması halinde arıza giderildikten sonra otomatik sigorta kolayca devreye konulur, böylece buşona tel sarma problemi ortadan kalkar.

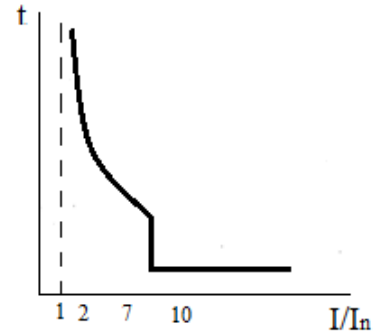
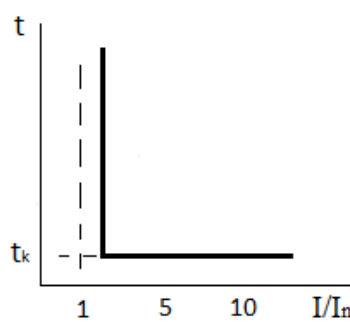
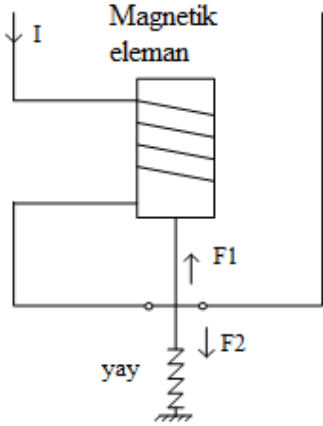
Otomatik sigortalar termik açıcı eleman ve manyetik açıcı eleman olmak üzere sigortanın kontağını açtıran iki elemanla donatılmıştır. Şekil 1.6'da termik elemanın karakteristiği gösterilmiştir. Termik eleman aşırı akıma karşı koruma yapar ve sigortanın devreyi açma süresi akımın şiddeti ile ters orantılıdır. Termik açma elemanı bir bimetal şeritten ve bu şeridin tahrik ettiği güç kontağından oluşur. Geçen akım sigortanın nominal akımını geçince uzama katsayıları farklı iki metalden oluşan bimetal şerit eğilerek kontağı açtırır. Akım çok yüksek ise bimetal şerit çok çabuk eğilerek kontağı açtırır. Bazı termik açma elemanlarında akım bimetal şerit üzerinden değil bir direnç üzerinden geçirilir ve direnç bimetal elemanı ısıtır. (Endirekt ısıtma)



Şekil 1.6 Termik Açıcı Elemanı

Manyetik açma elemanı bir bobin ve bu bobinin tahrik ederek açtırdığı bir kontaklıktan oluşur. Manyetik eleman kısa devreye karşı koruma yapar. Sigortanın bulunduğu devrede bir kısa devre meydana geldiğinde sistem bu kısa devreye dayanamaz, dolayısıyla devrenin hemen açılması

gerekir. Termik açıcı eleman devreyi zaman gecikmeli açtığı için kısa devreye karşı koruma yapamaz. Bu durumda manyetik açma elemanı devreyi korur. Şekil 1.7’de manyetik açma elemanı ve karakteristiği gösterilmiştir. Akım manyetik elemanın bobininden geçirilir ve sigortanın ayarlı olduğu akım değerini aştığı anda bobin enerjilenerek kontağı hemen açtırır. Şekil 1.7 b’deki t_k zamanı manyetik elemanın faaliyete geçme zamanıdır. (t_k , ms mertebesinde olup yaklaşık sıfır kabul edilebilir.)



a) Manyetik açma elemanı

b) Manyetik açma elemanın karakteristiği

c) Termik-Manyetik açma elemanın karakteristiği

Şekil 1.7. Termik-Manyetik açma elemanı

Şekil 1.7 a’da gösterilen manyetik açma elemanındaki yay kontağı sürekli kapatacak yönde F2 kuvvetini uygular. Bobin üzerinden geçen akım sigortanın nominal akımını geçerse bobinin çekme kuvveti F_1 artar ve $F_1 > F_2$ olur bunun sonucunda sigorta kontağı açılır.

Otomatik sigortada hem termik ve hem de manyetik açma elemanı müşterek olarak sigorta kontağını tahrik ederler. Böylece otomatik sigorta hem aşırı akıma ve hem de kısa devreye karşı koruma yapar. (Şekil 1.7 c)

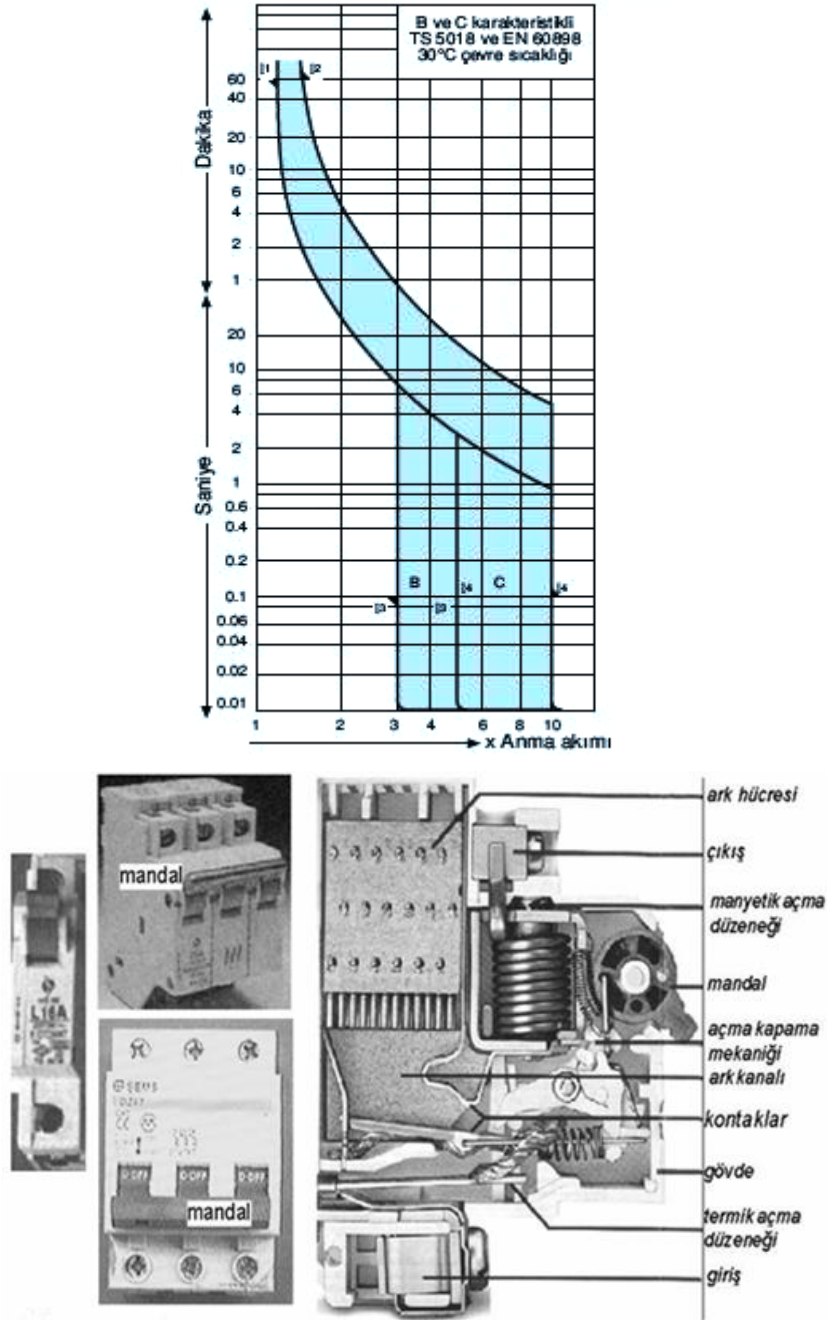
Otomatik sigortalar B ve C karakteristikli olmak üzere iki tipe imal edilir. B tipi otomatik sigortaların manyetik açıcıları nominal akımın 3,5 – 5 katı arasında çalışır. B tipi sigortalar aydınlatma, priz ve kumanda devrelerinin korunmasında kullanılırlar.

C tipi otomatik sigortaların karakteristiği B tipine göre gecikmelidir. C tipi otomatik sigortalar motorların yol alma akımına ve yol alma süresine uygun karakteristiğe sahiptirler. Ayrıca C tipi otomatik sigortalar balastlı floresan, cıva ve sodyum buharlı lamba gruplarının korunması için de uygundur. C tipi otomatik sigortaların manyetik açıcısı nominal akımın (7–10) katı arasında faaliyete geçer. Otomatik sigortalar kısa devre durumunda bir kontak vasıtasıyla devreyi

açtıkları için bu kontak çok büyük kısa devre akımlarına dayanamaz, bu nedenle otomatik sigortaların kısa devre açma kapasiteleri eriyen telli sigortalardan daha düşüktür bu da otomatik sigortanın bir dezavantajıdır.

TABLO 1.5 Otomatik Sigortaların Nominal Akımları

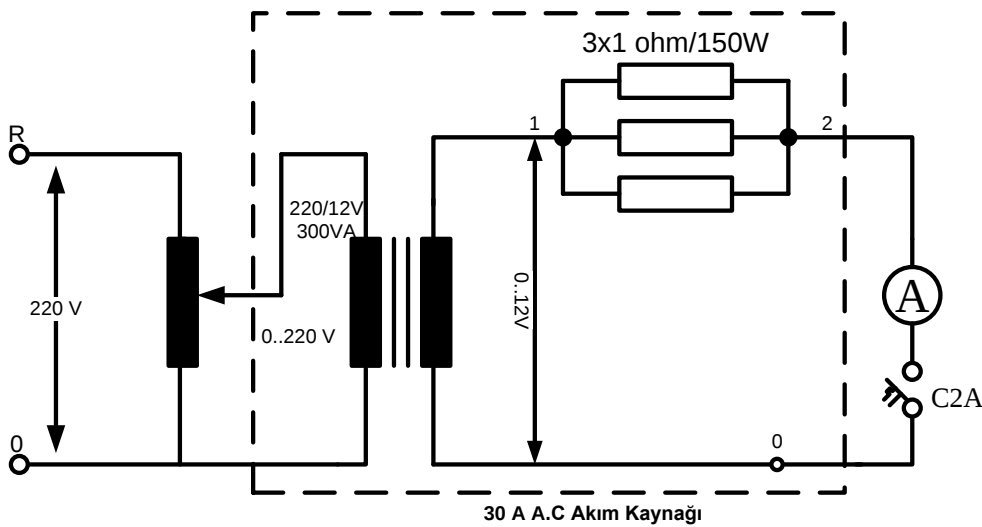
L Karakteristik	G Karakteristik
6-10-16-20-25-32-40	0,5-1-1,6-2-4-6-10-16-20-25-32-40



Şekil 1.8 Otomatik Sigorta Yapısı ve Karakteristikleri

1.3. Deneyin Yapılması

1. Şekil 1.9’da verilen deney devresini kurunuz.
2. Deneyde C2A bir otomatik sigortanın çalışma karakteristiği çıkarılacaktır. Önce sigortanın $0,8 \cdot I_n$ değerinde (1,6 A) bir akımla 5 dakika çalıştırılarak çalışma sıcaklığına ulaştırılması sağlanmalıdır. Bu amaçla ototransformatör yardımıyla akım kaynağının çıkışını 1,6 A’e ayarlayınız ve 5 dakika süreyle sigortadan bu akımı geçiriniz.
3. Ototransformatör yardımıyla akım kaynağının çıkışını ayarlayarak Tablo 1.5’te verilen akım değerleri için sigortanın açma süresini tespit ediniz. (4 – 6–10–12 A için kaynağın (2–0) uçlarından, 16 A ve 22 A için (1–0) uçlarından çıkış alınız. Açma sürelerini Tablo 1.6’ya kaydediniz. Her ölçüm işleminden sonra otomatik sigortanın termik elemanı soğuyuncaya kadar bekleyiniz.
4. Deneyde ($2 \cdot I_n \dots 10 \cdot I_n$) arasında sigortanın termik açıcı elemanı, I_n ’den büyük akımlarda manyetik açıcı elemanı çalışarak kontağı açtırır. Sigorta termik açıcı tarafından devreyi açtığı zaman termik eleman ısındığı için sigorta devreyi açtıktan sonra termik eleman soğumadan sigorta devreyi kapatamaz; bu nedenle bir müddet beklemek gerekir. Sigorta manyetik eleman tarafından devreyi açtığı zaman hemen sigorta devreye konulabilir. Deneyde bu durumu gözleyiniz ve sonucu raporda çizeceğiniz karakteristik eğri üzerinde belirtiniz.
5. Tablo 1.6’da elde edilen sonuçlara göre C2 A otomatik sigortanın karakteristiğini milimetrik kâğıda çiziniz. (Açma zamanı $t=f(I/I_n)$ grafiği)



Şekil 1.9 Deney Devresi

TABLO 1.6 Deneyde Elde Edilen Değerler

Sigortadan geçen akım (A)	I/I_n	Sigortanın açma süresi (s)
4	2	
6	3	
10	5	
12	6	
16	8	
22	11	

1.4. Sorular

1. B ve C tipi otomatik sigortalar hangi yükleri korumak için kullanılır? Yol alma akımı 6. I_n olan bir asenkron motorun 3 saniyede yol aldığını göz önüne alarak bu motoru korumak için B ve C tipi otomatik sigortaların hangisinin uygun olacağını şekil 10'daki karakteristik eğrilerden yararlanarak belirleyiniz
2. D tipi sigortalar ile NH tipi sigortaları, kullanıldıkları yerler ve nominal akımları bakımından karşılaştırınız.
3. Eriyen telli sigortalar ile otomatik sigortaları avantajları ve dezavantajları bakımından karşılaştırınız.

2. DENEY 2: KONTAKTÖRLER

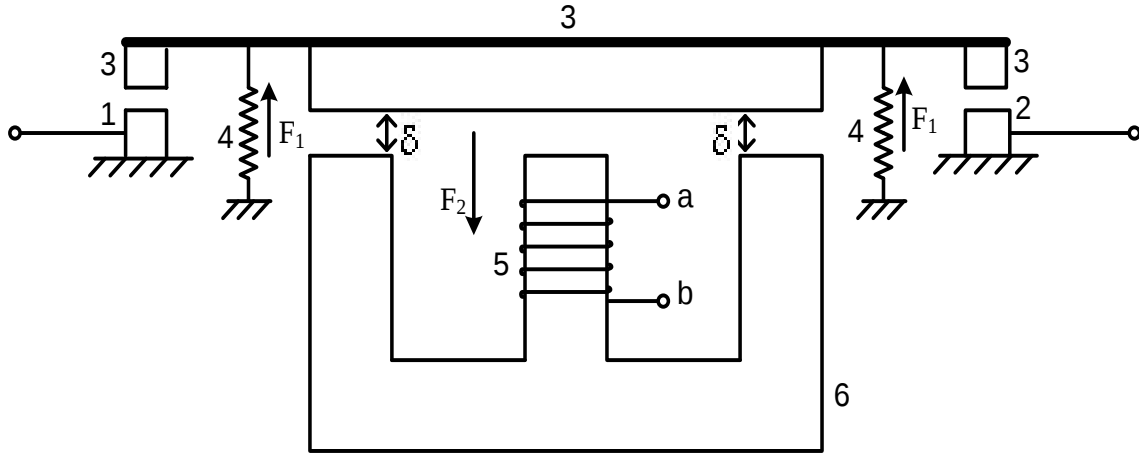
2.1. Deneyin Amacı

Kontaktörün çalışmasının, kontak bağlantılarının ve termik aşırı akım rölesi ve zaman rölesi ile kontaktörün devreye bağlanmasının incelenmesi.

2.2. Teorik Bilgiler

2.2.1. Kontaktörlerin Yapısı

Kontaktörler alçak gerilim tesislerinde otomatik olarak sık sık devreye girip çıkması gereken tüketicilere kumanda etmek amacıyla kullanılır.



Şekil 3.1 Tek Kontaklı Kontaktörün Basit Olarak Yapısı

- 1,2: Sabit kontaklar
- 3: Hareketli kontaklar
- 4: Kontakı açık tutan itici yay
- 5: Kontaktör bobini
- 6: Manyetik çekirdek

Şekil 3.1’de tek kontaklı bir kontaktörün basit olarak yapısı gösterilmiştir. Kontaktör bobinine (5) gerilim uygulandığı zaman bobinin kontakı kapatmak için hareketli

kontağa uyguladığı kuvvet, $F_2=0$ olur. Bu durumda yayın (4) uyguladığı F_1 kuvveti hareketli kontağı açık tutar. ($F_1 > F_2$) Kontaktör bobinine gerilim uygulanınca, bobinin uyguladığı F_2 kuvveti yayın F_1 itme kuvvetinden büyüktür. $F_2 > F_1$ olduğu zaman manyetik çekirdeğin üst parçası aşağı çekilir ve kontaklar kapanır. Bobin gerilimi kesilirse $F_2 = 0$ olur ve tekrar $F_1 > F_2$ olacağı için kontaklar açılır.

Kontaktörün ilk enerjilenip kontakların kapanması anında manyetik devrede δ hava aralığının olması sebebiyle ilk anda kontağı kapatabilmek için gerekli bobin akımı ve dolayısıyla bobin gerilimi büyük olur. Kontaktör bir kez çekip kontaklar konum değiştirdikten sonra bobin akımı veya bobin gerilimi düşürülse de artık manyetik devrede δ hava aralığı kapandığı için kontaktör kontakları konum değiştirmez Kontaktör, bobin gerilimi belirli bir değerin altına düşünceye kadar enerjili kalır. Bu açıklamadan da anlaşıldığı gibi kontaktörün normalde açık kontağını kapattığı (çekme) andaki bobin gerilimine U_ϕ , kontağını tekrar açtığı andaki (bırakma) bobin gerilimine U_b denirse;

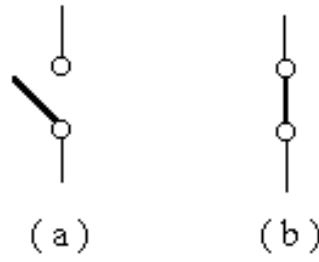
$$U_\phi > U_b \quad \text{olmaktadır.}$$

Kontaktör bobininin gerilimini kesmek veya bobine gerilim uygulamak suretiyle kontaktörün kumanda ettiği yükün devreye girip çıkması sağlanır. Kontaktör bobinine kumanda eden devreye kontaktörün kumanda devresi adı verilir. Kumanda devre şemalarında kontaktör bobinlerinin uçları (a-b) harfleri ile gösterilir.

2.2.2. Kontaklar ve Kontak Çeşitleri

Kontaktör kontakları çalışma şekillerine göre normalde açık (N.A), (Normally Open, N.O) ve normalde kapalı (N.K), (Normally Closed, N.C) olmak üzere ikiye ayrılır.

N.O kontağı, bobine gerilim uygulanmadığı zaman açık, bobine gerilim uygulandığı zaman kapalı olan kontaklıdır. N.C kontağı bobine gerilim uygulanmadığı zaman kapalı, bobine gerilim uygulandığı zaman açık kontaklıdır.



Şekil 3.2 Çalışma Şekillerine Göre Kontaktör Kontakları

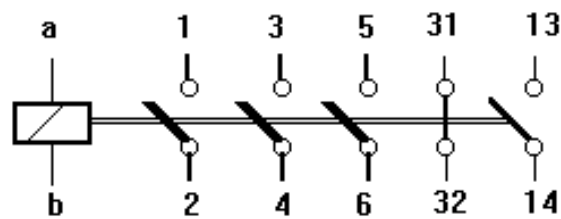
a) Normalde açık kontak (N.A veya N.O)

b) Normalde kapalı kontak (N.K veya N.C)

Kontaklar devrede kullanıldığı yere göre ana kontaklar ve yardımcı kontaklar olmak üzere ikiye ayrılır.

Ana Kontaklar: Üç fazlı yüke kumanda eden, yük akımının geçtiği kontaklardır. Üç fazlı kontaktörde her faz için birer tane olmak üzere üç adet ana kontak bulunur. Ana kontaklar normalde açık tip kontaklardır.

Yardımcı Kontaklar: Kumanda devrelerinde kullanılan normalde açık ve normalde kapalı tip kontaklardır. Yardımcı kontaklardan sadece kumanda ettikleri kontaktör bobininin akımı geçtiği için bu tip kontaklar ana kontaklara göre daha küçük olurlar. Kontaktör kataloglarında her kontaktör tipinde kaç adet normalde açık ve kaç adet normalde kapalı kontak bulunduğu gösterilir. Ayrıca talep halinde firmalar yardımcı kontak sayısını arttırabilirler.



Şekil 3.3 1 N.O + 1 N.C Tip Yardımcı Kontaklı Kontaktör

Ana kontaklar, 1-2, 3-4, 5-6

N.O Yardımcı Kontak, 13-14

N.C Yardımcı Kontak, 31-32

Bobin Uçları, a-b

Kontaktörler bulundukları devrede yük altında, normal işletme koşullarında çok sayıda açma-kapama yaptıklarından kontakları zamanla aşınır. Ancak manyetik çekirdek, bobin, kontak mekanizması ve kontaktör gövdesinden oluşan kontaktörün diğer kısımlarında bir yıpranma olmaz, bu kısımların ömrü çok uzundur. Bu nedenle aşınan kontaklar yenisi ile değiştirilerek kontaktör uzun süre kullanılır. Kontaklar genellikle bakırdan yapılır ve kapama sırasındaki gerekli kontak basıncını sağlamak, darbe sebebiyle kontakların zarar görmesini engellemek ve gerekli esnekliği sağlamak için yaylarla donatılırlar.

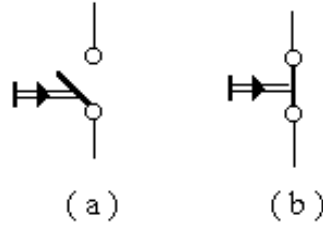
Kontaktörlerin açılıp kapatılması sırasında oluşan arklar kontakları tahrip ederler. Kapama sırasındaki arkın hafif, kısa süreli ve etkisinin az olması için hareketli kontakların büyük bir hızla ve gerekli kontak basıncı ile sabit kontaklara temas ettirilmesi gereklidir. Bütün şalt (bağlama) cihazlarında olduğu gibi kontaktörlerde de açma sırasında büyük bir ark meydana gelir. Açma sırasında oluşan arkı zararsız hale getirmek için hareketli kontakların sabit kontaklardan büyük bir hızla ayrılması sağlanır ve bu sırada oluşan arkı söndürmek için kontakları ark söndürücü hücreler içine yerleştirmek gibi birtakım tedbirler alınır. Her bir faza ait ana kontaklar yalıtkan ve yanmayan bölmelerden oluşan ark söndürme hücreleri içine konduğu için ana kontaklarda oluşan arkların bir fazdan diğer faza atlayarak kısa devre oluşturması önlenir.

Bir kontaktörde kontak elemanlarının ömrü 10 milyon defa açma-kapama yapmaya elverişli olup, bunları yenilemek suretiyle ömür arttırılabilir.

2.2.3. Kontaktör Devresi

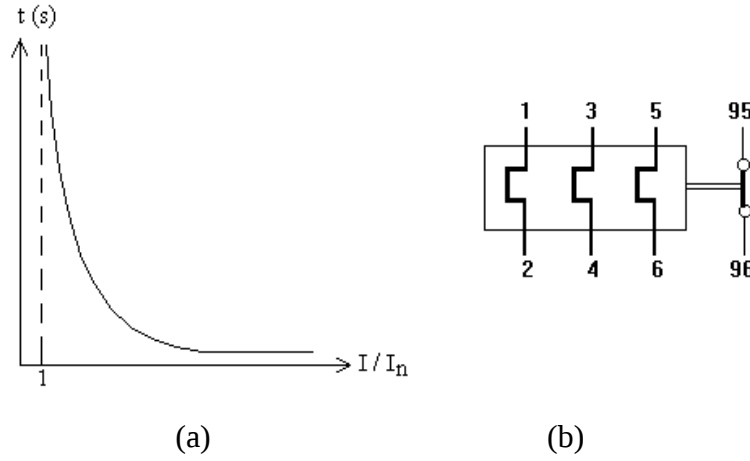
Kontaktör bobinleri kumanda devresinin özelliğine göre AC veya DC gerilimle beslenir. Bobin gerilimi 24V, 48V, ..., 220V ve 380V gibi standart değerlerdedir. Ayrıca ihtiyaca göre firmalar tarafından standart dışı gerilimlerde de çalışan bobinler imal edilebilir. Kontaktör kumanda devresinin çalışma gerilimi, kullanılan kontaktörün bobin gerilimidir.

Kontaktöre kumanda etmek için start ve stop butonları kullanılır. (Şekil 2.4) Start (başlatma) butonunun kontağı normalde açıktır, butona basıldığında kapanır, buton serbest kalınca tekrar açılır. Stop (durdurma) butonunun kontağı normalde kapalıdır, butona basılınca açılır, buton serbest kalınca tekrar kapanır.



Şekil 3.4. a) Start (başlatma) butonu, b) Stop (durdurma) butonu

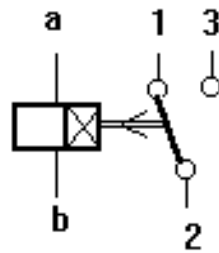
Motorlar gibi endüktif karakterli AC yükleri korumak için termik aşırı akım röleleri kullanılır. Aşırı akım geçince bimetal şeritten oluşan termik eleman ısınır ve Şekil 3.5 a'daki karakteristik eğriye göre belirli bir süre sonra rölenin 95–96 uçlarındaki kontak açılır ve sürekli açık kalır. (Röle üzerindeki reset butonuna basılmadığı sürece termik aşırı akım rölesi kontağı açık kalır.)



Şekil 3.5. a) Termik aşırı akım rölesinin karakteristik eğrisi, b) Termik aşırı akım rölesi

Termik aşırı akım elemanları 1–2, 3–4, 5–6, Kumanda Kontakı, 95–96 (N.C)

Kontaktörlerin zaman gecikmeli olarak çalışması istendiğinde zaman röleleri kullanılır. (Şekil 3.6) Zaman rölesi belirli bir süreye ayarlanır. Bobine gerilim uygulandıktan sonra normalde kapalı olan kontak (1–2) yine kapalı kalır. Süre dolunca normalde kapalı kontak (1–2) açılır, normalde açık kontak (2–3) kapanır. Bobin gerilimi kesilince kontaklar tekrar ilk durumlarına dönerler.



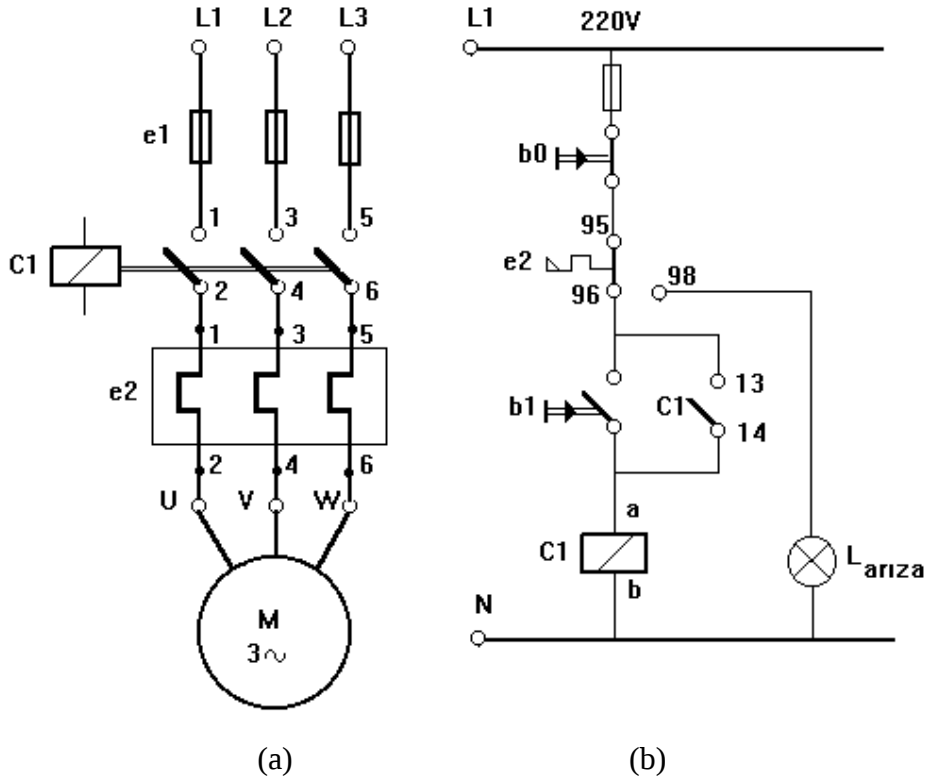
Şekil 3.6 Zaman Rölesi

2.2.3.1. Ana Akım ve Kumanda Devresi Çalışması

2.2.3.1.1. Ana Akım Devresi

C1 kontaktörünün bobinine gerilim uygulanınca ana kontakları kapanır ve motor çalışmaya başlar. Motor aşırı akım çektiği zaman e2 termik aşırı akım elemanları ısınır ve Şekil 3.7 b'deki normalde kapalı olan termik aşırı akım rölesi kontağı açılır ve C1 kontaktörü devreden çıkar.

Devrede kısa devre olması halinde termik aşırı akım rölesi çok kısa da olsa belli bir zaman gecikmesi ile kontaktörü açtırır. Ayrıca kısa devrede kontaktörün açması istenmeyen bir durumdur çünkü kısa devre akımının oluşturduğu aşırı ark kontakların yanmasına, yapışmasına neden olur. Bu mahzurlardan dolayı kısa devreye karşı termik aşırı akım rölesi ile koruma elverişli değildir. Devrede kısa devreye karşı sigorta ile koruma yapılır.



Şekil 3.7 Kontaktör Devresi

a) Ana akım devresi, b) Kumanda devresi

L1, L2, L3=Fazlar, e1=Sigorta, e2=Termik Aşırı Akım Rölesi, c1=Kontaktör, M=Motor, b0=Stop Butonu, b1=Start Butonu, N=Nötr, L_{arıza}=Arıza Lambası

2.2.3.1.2. Kumanda Devresinin Çalışması

Devrede b1 start butonuna basılınca C1 kontaktörünün bobin uçlarına 220 V gerilim gelir ve kontaktörün normalde açık olan ana kontakları kapanır motor çalışmaya başlar ayrıca start butonuna paralel olan C1'in normalde açık olan yardımcı kontağı da kapanır ve start butonu serbest bırakılarak açılrsa bile C1 yardımcı kontağı kapalı olduğu için akım buradan devresini tamamlar ve C1 kontaktörü çalışır ve dolayısıyla motor çalışır.

C1 kontaktörünü ve dolayısıyla motoru devreden çıkartmak için b0 butonuna basıldığında C1 bobininin gerilimi kesilir ve normalde açık olan C1 yardımcı kontağı açılır, stop butonu da açık olduğu için b0 butonu serbest bırakılıp kapansa bile C1 bobinine 220 V gelmez ve kontaktör enerjilenmez. Kontaktör enerjili ve kontakları kapalı iken motor aşırı akım çekerse termik aşırı akım rölesinin kumanda kontağı konum değiştirir, stop butonu gibi çalışarak (95-96) uçları arası açılır, (95-98) uçları arası ve $L_{arıza}$ ihbar lambası yanar. Motor devresindeki aşırı akım arızası giderildikten sonra termik aşırı akım rölesinin reset butonuna basılır tekrar (95-96) uçları arası kapanır (95-98) uçları arası açılır arıza lambası söner kontaktör çalışmaya hazır hale gelir.

2.2.4. Kontaktörlerin Çalışma Sınıfları

2.2.4.1. Alternatif Akım Devrelerinde Kullanılan Kontaktörlerin Çalışma Sınıfları

A.C1 Sınıfı Çalışma: Saf direnç özelliği gösteren yükler (ısıtıcılar vs.) veya güç faktörü bire çok yakın olan az endüktif yükler için

A.C2 Sınıfı Çalışma: Rotoru bilezikli asenkron motorlar için

A.C3 Sınıfı Çalışma: Rotoru kısa devre kafesli asenkron motorlar için

A.C4 Sınıfı Çalışma: Sık sık devreye girip çıkan kısa aralıklarla çalışan rotoru kısa devre kafesli asenkron motorlar için

2.2.4.2. Doğru Akım Devrelerinde Kullanılan Kontaktörlerin Çalışma Sınıfları

DC1 Sınıfı Çalışma: Saf direnç özelliği gösteren yükler (ısıtıcılar vs.) veya güç faktörü bire çok yakın olan az endüktif yükler için

DC2 Sınıfı Çalışma: DC şönt motorlarına yol verme ve devreden çıkarma işlemleri için

DC3 Sınıfı Çalışma: DC şönt motorların kısa aralıklarla çalıştırma ve ters akımla frenleme işlemleri için

DC4 Sınıfı Çalışma: DC seri motorların yüklenme ve devreden çıkarma işlemleri için

DC5 Sınıfı Çalışma: DC seri motorları kısa aralıklarla çalıştırma ve ters akımla frenleme işlemleri için kullanılır.

2.2.5. Motor Güçlerine ve İstenilen Kontak Ömürlerine Göre Kontaktör Seçimi

2.2.5.1. İşletme Koşullarına Göre Kontak Ömürlerinin Hesaplanması

Bir örnek üzerinde kontak ömrünün nasıl hesaplandığını görelim. Tablo 3.1’de işletme koşullarına göre milyon adet olarak kontakların maksimum açma kapama sayıları gösterilmiştir.

TABLO 3.1 İşletme Koşullarına Göre Maksimum Açma-Kapama Sayısı

1 saatteki Açma-Kapama Sayısı	1 Gündeki Çalışma Süresi (Saat)	1 yıldaki Açma- Kapama Sayısı (Milyon Adet)
30	8	0.06
	16	0.12
	24	0.18
150	8	0.3
	16	0.6
	24	0.9
600	8	1.2
	16	2.4
	24	3.6

Örnek 1

Bir sincap kafesli (kısa devre rotorlu) asenkron motorun 5 yıl süre ile günde 16 saat ve saatte 150 açma kapama rejiminde çalışması isteniyor. Bu şartlar altında kontakların kontak ömrünü bulalım:

Tablo 1’den yukarıda açıklanan çalışma şartları için 1 yıldaki açma kapama sayısı 0,6 milyon adet olarak bulunur. Motor 5 yıl süre ile çalışacağına göre toplam açma kapama sayısı:

$5 \times 0.6 \times 10^6 = 3. \cdot 10^6$ adet olarak bulunur.

2.2.5.2. Kontaktör Seçimi

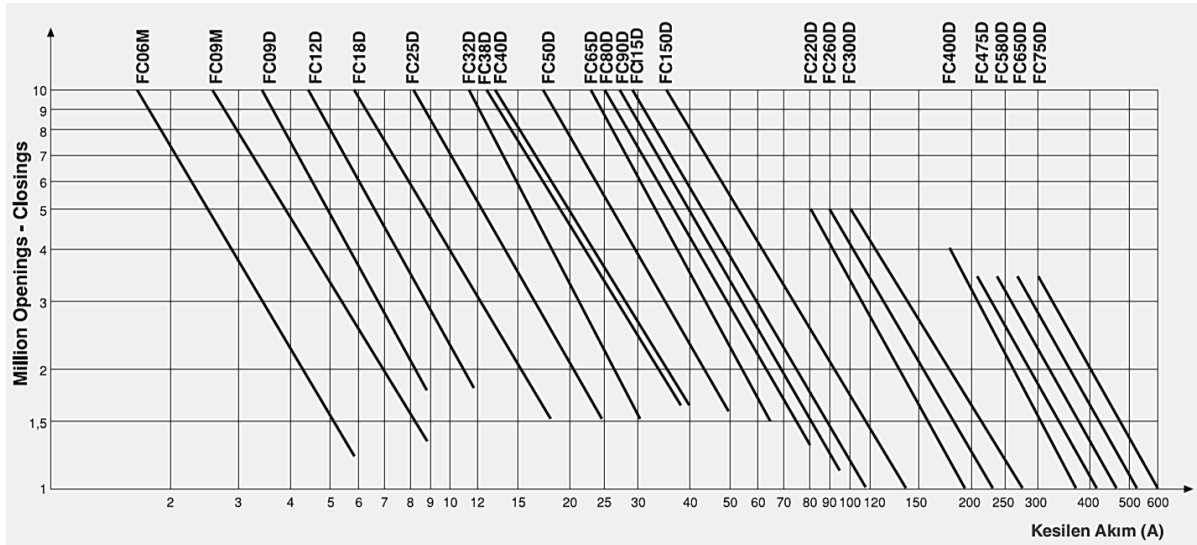
Şekil 3.8’de kesme akımının fonksiyonu olarak açma-kapama sayısının değişimi gösterilmiştir. Bu eğrilerden yararlanarak kontaktör seçimini bir örnek üzerinde görelim:

Örnek 2

Örnek 1’de belirtilen işletme koşullarında çalışan sincap kafesli (kısa devre rotorlu) asenkron motorun özellikleri $U_n=380\text{ V}$ $P_n=7,5\text{ kW}$ ve $\cos\theta=0.68$ olduğuna göre gerekli kontaktör tipini seçiniz.

AC3 sınıfına ait motorların kalkış akımları nominal akımlarının yaklaşık 6 katına ulaşır. Bu durumda bahsi geçen motorun nominal akımı $I_{nom} = P_n / [\sqrt{3} U \cos\theta] = 16.76\text{ A}$ olarak bulunur. Bu durumda motorun kalkış anında kontaktörün kapama akımı 100.54 A olur

Şekil 3.8’deki 100 A ($=6 \times I_n$) noktasındaki çizgi yukarı doğru devam ettirilip 3 milyon açma kapama noktasından itibaren yatay olarak çizilen doğru ile kesiştiği nokta bulunur. Bu noktanın üstündeki en yakın eğri FC220D tipi kontaktörün eğrisidir.



Şekil 3.8 Kontaktör Ömür Eğrisi

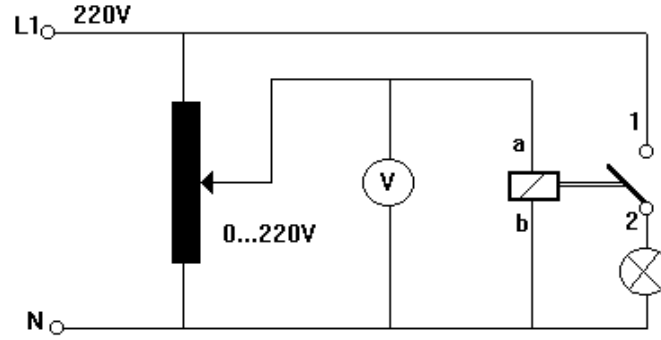
2.3. Deneyin Yapılması

2.3.1. Kontaktör Bobinin Çekme ve Bırakma Gerilimlerinin Ölçülmesi

İşlem Sırası

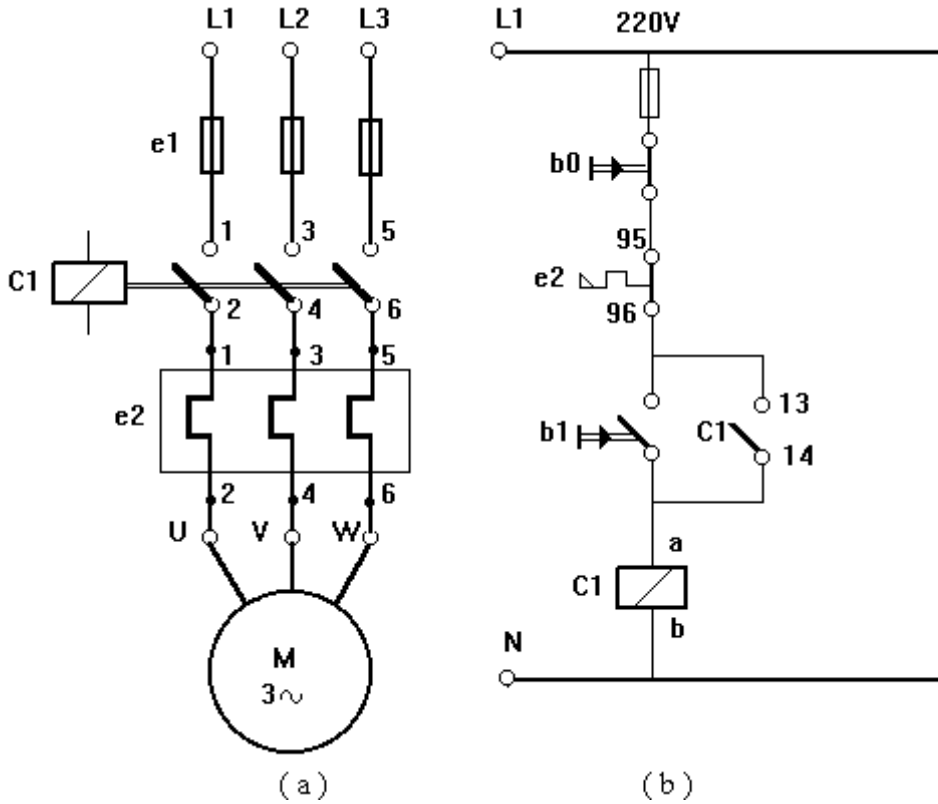
1. Şekil 3.9’daki devreyi kurunuz.

2. Ototransformatör yardımıyla kontaktör bobini uçlarındaki gerilimi 0 V'tan itibaren kontaktör çekip, kontağını kapatıp lamba yanınca kadar yavaş yavaş arttırınız. Kontaktör çektiği andaki gerilimi ölçünüz ve U_c olarak kaydediniz.
3. Kontaktör çekili iken gerilimi 220 V'a kadar arttırınız ve sonra yavaş yavaş kontaktör bırakıp kontağını açarak lamba sönmeye kadar azaltınız. Lamba söndüğü andaki gerilimi U_b olarak kaydediniz.



Şekil 3.9 Deney Devresi

2.3.2. Termik Aşırı Akım Rölesi ile Korunan Bir Motora Kontaktör İle Kumanda Edilmesi

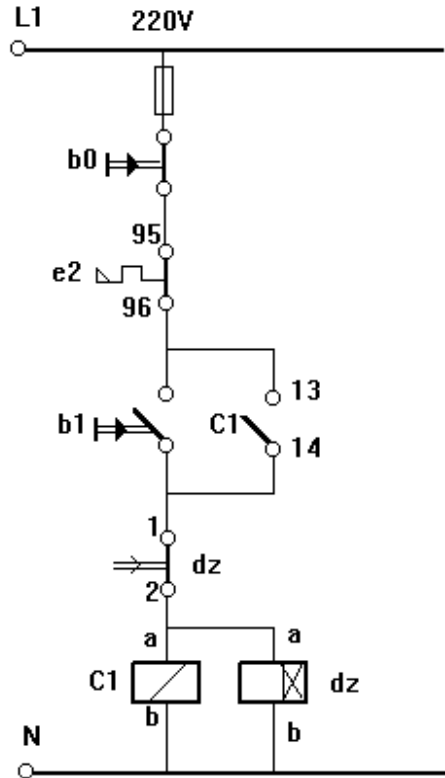


Şekil 3.10 a) Ana akım devresi, b) Kumanda devresi

İşlem Sırası

1. Şekil 3.10'daki devreyi kurunuz.
2. Start (b1) butonuna basınız ve motorun çalıştığını görünüz.
3. Stop (b0) butonuna basınız bu durumda kontaktör devreden çıkacak ve motorun çalışması duracaktır.
4. Tekrar start butonuna basarak motoru çalıştırınız ve deneyden sorumlu öğretim elemanı yardımıyla termik aşırı akım rölesinin test tırnağına dokunarak termik rölenin kontağını açtırınız. Bu durumda kontaktör devreden çıkacak ve motorun çalışması duracaktır.

2.3.3. Zaman Rölesi ile Kontaktöre Kumanda Edilmesi



Şekil 3.11 Zaman Rölesi ile Kontaktöre Kumanda Edilmesi

İşlem Sırası

1. Şekil 3.10'daki ana akım devresi aynı kalmak üzere Şekil 3.10 b'deki kumanda devresine zaman rölesini (dz) ilave ederek Şekil 3.11'deki devreyi kurunuz.
2. Zaman rölesini 10 saniyeye ayarlayınız.
3. b1 start butonuna basarak kontaktörü çektiniz. Motor çalışmaya başlayacaktır.

4. 10 saniye sonra zaman rölesinin normalde kapalı olan kontağı açılacak, kontaktör ve dolayısıyla motoru devreden çıkartacaktır.

2.4. Sorular

1. Kontaktör ilk devreye girişte niçin fazla akım çeker, açıklayınız.
2. Şekil 3.10 a'daki ana akım devresi ile Şekil 3.11'deki kumanda devresinin çalışmasını açıklayınız. Şekil 3.11'deki kontaktörün (13–14) uçları arasındaki yardımcı kontağı arızalanarak sürekli sürekli açık kalırsa veya kontak yapışarak sürekli kapalı kalırsa iki durum için de devrenin nasıl çalışacağını açıklayınız.
3. 380 V anma gerilimli 22 kW gücündeki bir asenkron motor 10 yıl süre ile günde 16 saat çalışmakta ve saatte 60 açma kapama yapmaktadır. Bu motora kumanda edecek kontaktörü seçiniz.

3. DENEY 3: TERMİK AŞIRI AKIM RÖLESİ

3.1. Deneyin Amacı

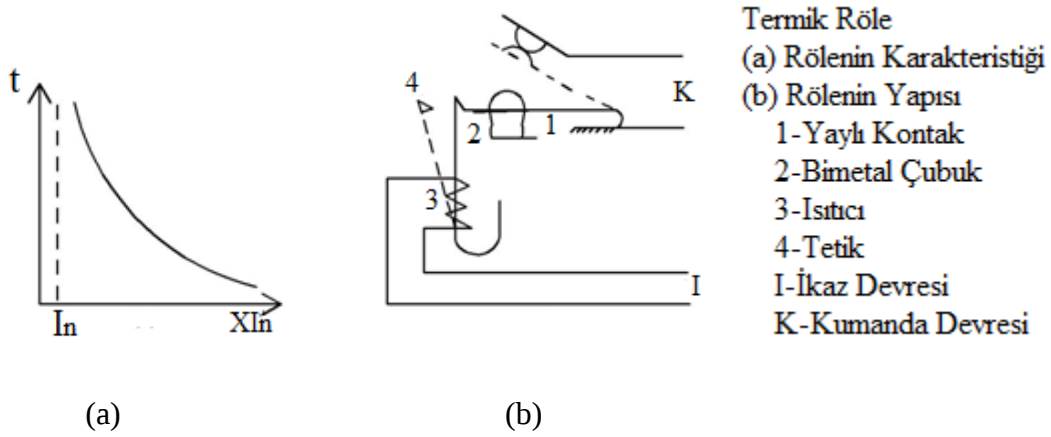
Termik aşırı akım rölesinin çalışmasının deneysel olarak incelenmesi ve karakteristiğinin çıkartılması.

3.2. Teorik Bilgiler

Aşırı akım röleleri, aşırı akım halinde açma-zaman karakteristiğine göre bağımlı, bağımsız ve yarı bağımlı diye sınıflandırılırlar. Termik röleler bağımlı, elektromanyetik röleler bağımsız rölelerdir. Yarı bağımlı röleler mesela bir endüksiyon rölesidir ve belirli bir akım değerinden sonra çekirdekte doyma başladığından, akım artıka dönme momenti artık çok artmaz ve böylece rölenin faaliyet zamanı da pratik olarak artık azalmaz. Kullanılacakları yere ve kendilerinden beklenen özelliğe göre bunlardan biri seçilir.

Termik aşırı akım röleleri bağımlı bir röle olup makineleri, transformatörleri, kabloları ve benzer cihazları, aşırı akımın veya kısa devre akımının tesiri ile meydana gelen aşırı ısınmalara karşı korumak için kullanılır. Bunların açma zamanları aşırı akım değerine göre değişir. Büyük aşırı akımlarda açma zamanı kısadır. Termik rölelerin en önemli tipi bimetal röledir. Bu röle uzama katsayıları farklı iki metalin ısınması esnasında az uzayan metalden yana doğru kıvrılması olayından faydalanılarak yapılmıştır. Hat akımı ya doğrudan doğruya ya da bir akım transformatörü üzerinden alınarak metal çiftin etrafına sarılmış direnç telinden geçirilir ve bu tel, içinden geçen akıma bağlı olarak metal çiftini ısıtır. Isınmanın fazla olması metal çiftin bir kontağı kapatmasına (veya açmasına) sebep olur. Akımın kesilmesi ile kontağın eski konumunu alması gerekir, ancak metal çift çok çabuk soğuyamayacağı için röle kontağı akım kesildikten sonra, bir süre daha kapalı (veya açık) kalır. Ayrıca bir tertip ile kontağın normal bir ısıya gelinceye kadar açılmaması temin edilir. Bu tertibin olmaması halinde metal çift normal sıcaklık derecesinin üzerinde iken kontaklar açılacak ve devreden normal değerde akım geçse bile metal çiftin ısısı artarak kontaklar tekrar kapanacak ve yanlış kumanda verilecektir.

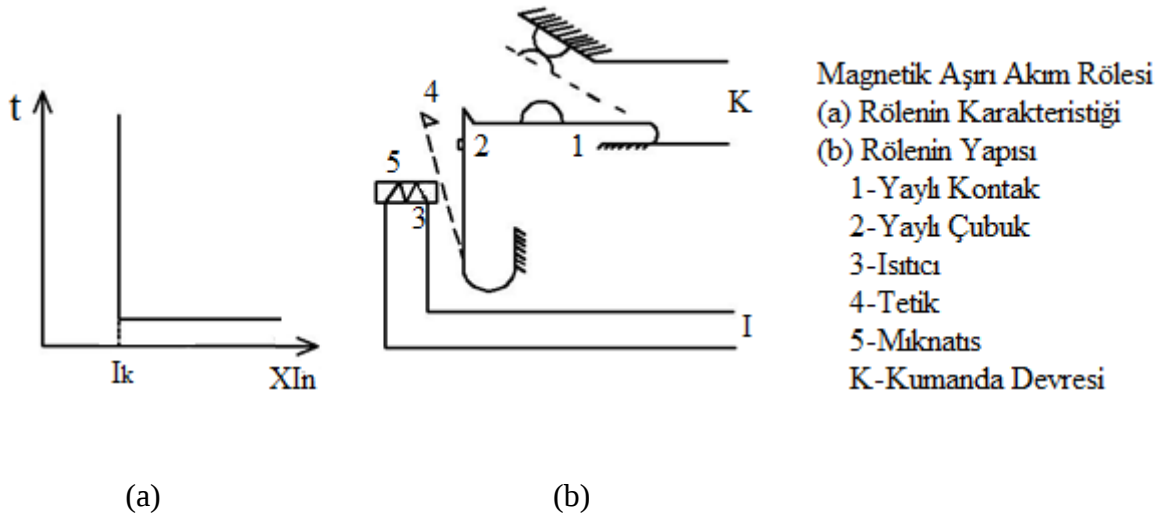
Şekil 2.1 de termik aşırı akım rölesinin yapılış prensibi ve akım- zaman karakteristiği verilmiştir. Küçük tipte bazı termik röle veya açıcılarda ısıtma sargısına lüzum olmadan yük akımı doğrudan doğruya bimetal çubuk üzerinden geçirilir.



Şekil 2.1 Termik Röle

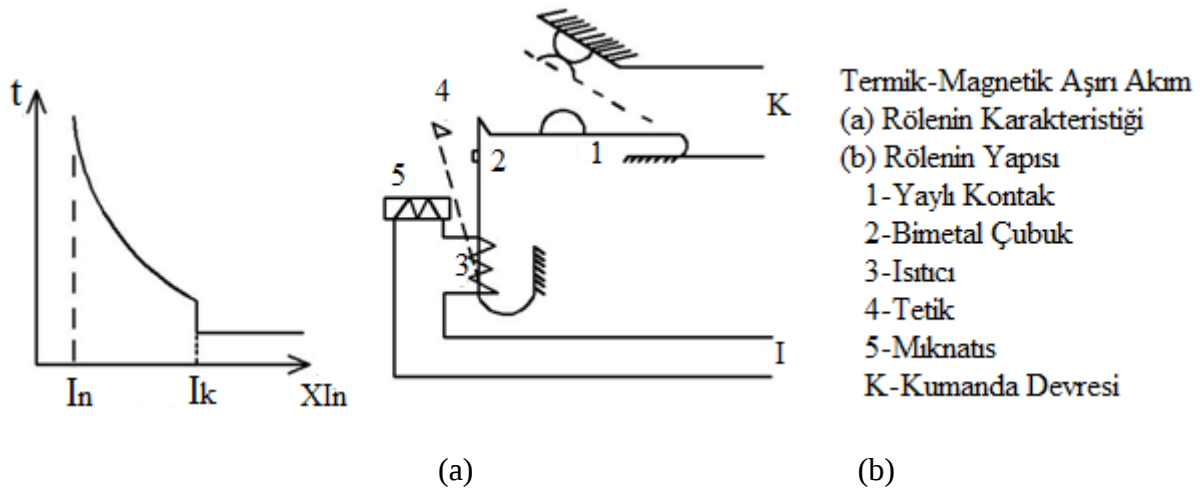
Burada rölenin ikaz devresi ile kumanda devresi farklıdır ve röle kontağı bir çalışma kontağıdır. Bazı hallerde röle kontağını bir sükûnet kontağı şeklinde yaparak ikaz devresi ile kumanda devresini seri bağlamak ve aşırı akımı doğrudan doğruya röle kontağı ile kesmek de mümkündür. Bu röleler, koruduğu cihaz tehlikeli şekilde ısınmadan, kendisi ısınarak devreyi açacak şekilde ayar edilmelidirler, yani termik elemanın ısınma karakteristiği korunacak cihazın ısınma zaman sabitesine uymalıdır. Termik rölenin akım ayarı, metal çifti ısıtan direnç telinden geçen akımı şöntlemek ve böylece ayarlanan her akım değeri için direnç telinden aynı akımı geçirmek suretiyle temin edilir. Rölenin akım- zaman karakteristiği göz önüne alındığında, bu röle belirli bir gecikme ile kumanda verir; onun için buna termik aşırı akım rölesi de denir.

Genellikle termik röleler bir manyetik aşırı akım elemanı ile de teçhiz edilirler. Manyetik aşırı akım elemanı, korunan cihazda bir kısa devre olması halinde, cihazın nominal akımının 6-12 katı bir akım geçtiğinde, hiç beklemeden ani olarak devrenin açılmasını sağlar. Bu bakımdan manyetik eleman bir nevi eriyici sigorta gibi vazife görür. Şekil 2.2 de manyetik aşırı akım rölesinin şematik olarak yapılışı ve akım-zaman karakteristiği gösterilmiştir. Bu sistem bağımsız aşırı akım rölesine karşılık gelir.



Şekil 2.2 Manyetik Aşırı Akım Rölesi

Yalnız termik röle, cihazı kısa devreye karşı korumaya kâfi gelmez; zira kısa devre akımının tesiri ile termik açıcının anahtara açma kumandası verebilmesi için belirli bir zamanın geçmesi gerekir. Bu esnada kısa devre akımının tesiri ile cihaz zarar görebilir. Burada da rölenin ikaz devresi ile kumanda devresi farklı olarak gösterilmiştir ve röle kontağı bir çalışma kontağıdır. Bazı hallerde röle kontağı bir sükûnet kontağı şeklinde yaparak ikaz devresi ile kumanda devresini seri bağlamak ve kısa devre akımını doğrudan doğruya röle kontağı ile kesmek de mümkündür.

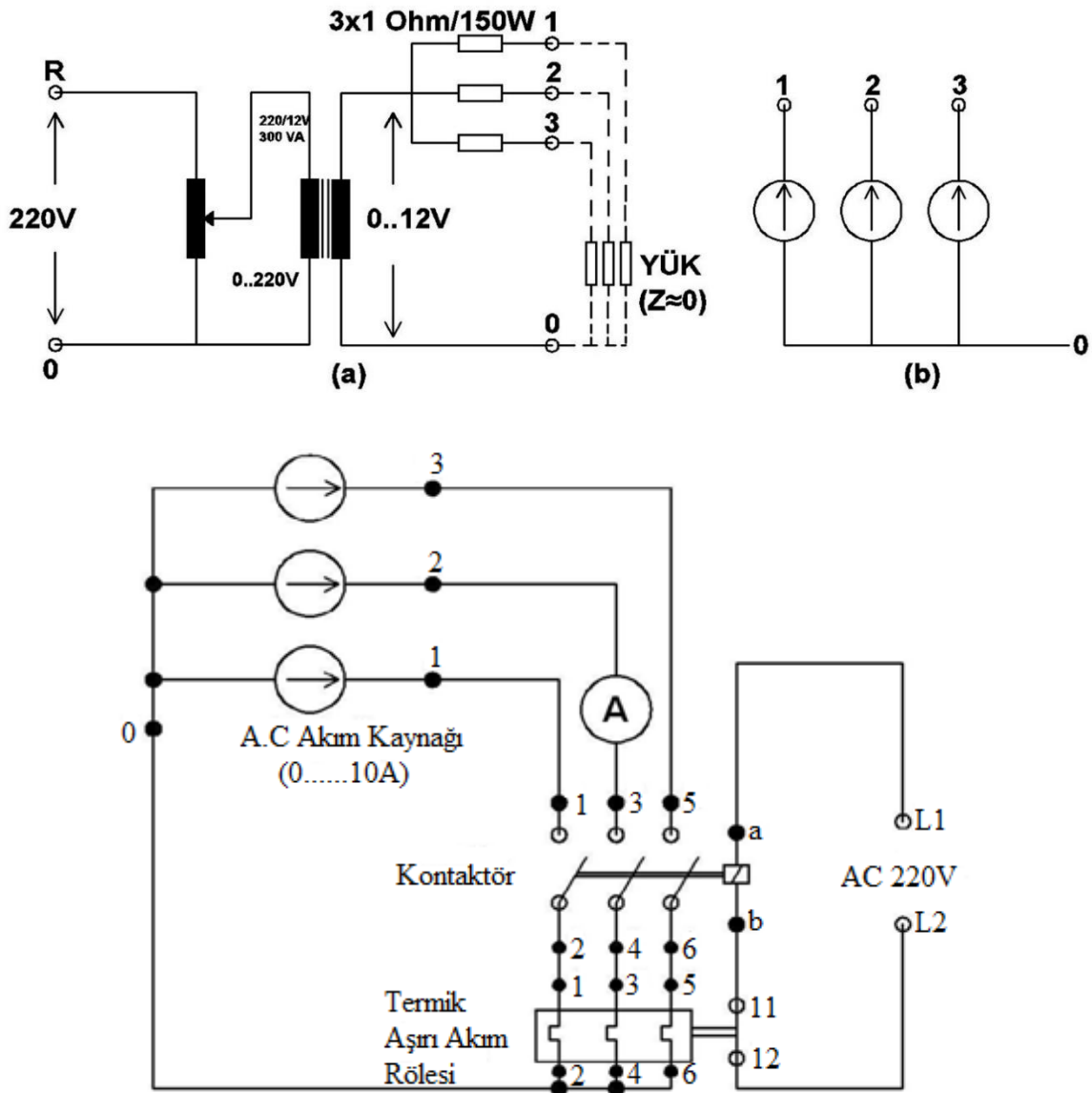


Şekil 2.3 Termik ve Manyetik Aşırı Akım Rölesi

Şekil 2.3 de termik ve manyetik elemanlarla donatılmış bir termik ve manyetik aşırı akım rölesinin şematik olarak yapılışı ve akım zaman diyagramı gösterilmiştir. Bu röle şekil 2.1 deki termik eleman ile şekil 2.2 deki manyetik elemanın seri bağlanması ile elde edildiği gibi akım ve zaman karakteristiği de termik ve manyetik elemanların karakteristiklerinin süperpozisyonu ile elde edilmiştir.

Büyük kısa devre akımlarında bimetal çubuğun fazla ısınıp zarar görmesine meydan vermemek için termik aşırı akım röleleri çabuk doyan akım transformatörleri üzerinden bağlanır.

3.3. Deneyin Yapılması



Şekil 2.4 Deney Devresi

a) Ayarlı akım kaynağı, b) Akım kaynağı sembolü, c) Deneyde kurulacak devre

Deneyde Şekil 2.4.c de verilen devre kullanılacaktır. (Akım kaynağı hazır olarak verilecektir) Montaj yapıldıktan sonra röle belirli bir I akını değerine ayarlanacak ve yaklaşık 5 dakika süre ile devreden bu akını geçirilecektir. Böylece metal çiftin normal çalışma sıcaklığına gelmesi sağlanacaktır. Bundan sonra devreden geçen akım artırılacak ve rölenin çalışarak normalde kapalı olan kumanda kontağını açarak kontaktörü devreden çıkarması için geçen zaman ölçülecektir. Akımın artırılmasına devam edilerek I_n için rölenin karakteristiği çıkarılacaktır. Deney I_n ' in 3 değeri için yapılacaktır.

3.4. Sorular

1. Termik aşırı akım rölesi nerelerde kullanılır?
2. Hangi hallerde her üç faza bir röle elemanının konulması gerekir?
3. Bimetal çubuk nasıl yapılmıştır ve nasıl çalışır?
4. Manyetik eleman nasıl yapılmıştır, nasıl çalışır ve çalışma bakımından termik elemandan farkı nedir?
5. Termik, manyetik ve termik- manyetik aşırı akım rölelerinin akım ve zaman karakteristikleri nasıldır?
6. Aşırı akımı rölelerinde bağımlı, bağımsız ve yarı bağımlı karakteristik nasıl sağlanmıştır? Bu karakteristiklerin ifade ettikleri manaları izah ediniz.

4. DENEY 4: Reaktif Güç Kompanzasyonu

4.1. Deneyin Amacı

Alçak gerilim şebekesinde aktif ve reaktif gücü anlamak, kompanzasyon çalışma prensibini kavramak ve uygulama ile daha yakından tanımak.

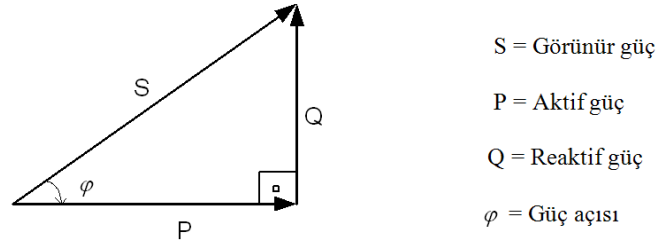
4.2. Teorik Bilgiler

4.2.1. Aktif ve Reaktif Güçler

Aktif güç: Elektrik enerjisini kullanan yüklerde elektriksel gücün ısı, ışık, mekanik vb. başka bir güç formuna dönüşen bileşen gücüdür.

Reaktif güç: Yapısında endüktans ve kondansatör barındıran yüklerin alternatif gerilim şebekelerinden çektiği ve tekrardan aynı periyot (50 Hz, 20 ms) içerisinde şebekeye verdiği güçtür. Reaktif güç şebeke ve yük arasında salınan güçtür.

Aktif güç, reaktif güç ve görünür güç arasındaki ilişki vektörel olarak ifade edilebilir. Aktif güç yatay vektörü ifade ederken, reaktif gücü dikey vektörü ifade eder. Görünür güç vektörü, aktif ve reaktif güç vektörlerinin toplamıdır. Aktif, reaktif ve görünür güç arasındaki vektörel gösterim **güç üçgeni** olarak adlandırılır.



Şekil 1. Güç üçgeni

Aktif, reaktif ve görünür güç arasındaki ilişki şu şekildedir;

Tek fazlı bir sistem için;

$$S = V \cdot I$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi = S \cdot \cos \varphi$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi = S \cdot \sin \varphi$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Dengeli üç fazlı bir sistem için;

$$S = 3 \cdot V \cdot I = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$P = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = S \cdot \cos \varphi$$

$$Q = 3 \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi = S \cdot \sin \varphi$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

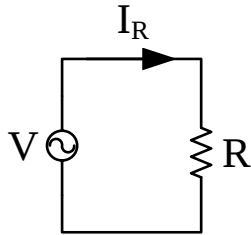
4.2.2. Reaktif Güç Kompanzasyonu

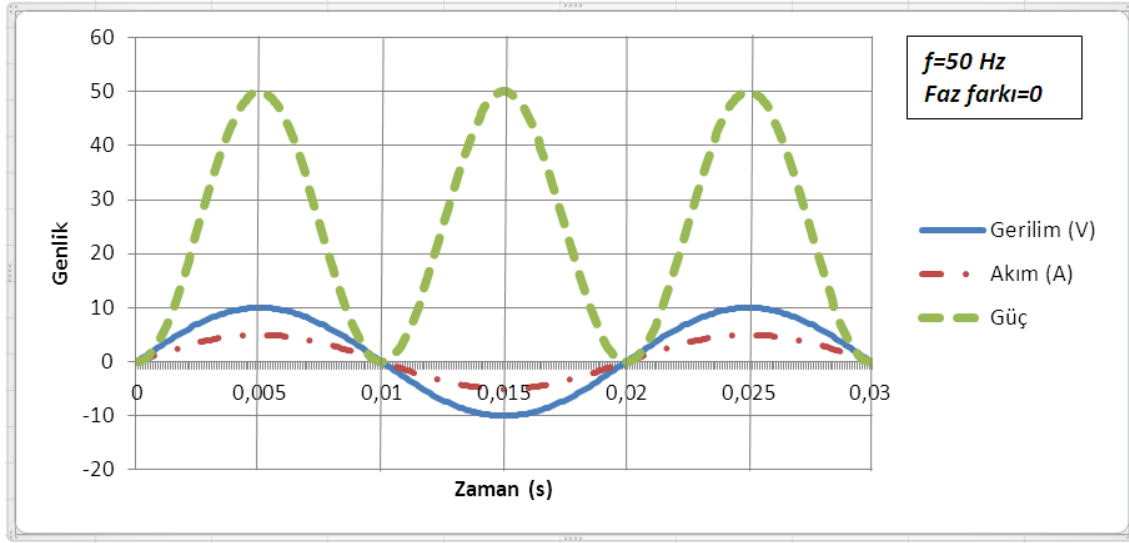
Yüklerin ihtiyacı olan reaktif gücü karşılamak için bu gücün bir yerde üretilmesi gerekmektedir. Enerji üretim merkezlerinde bu gücün üretilmesi için senkron generatörlerin uyarımlarının artırılması yeterlidir. Ancak, bu gücün hatlar üzerinden akışı hem hattın kapasitesinin düşmesine hem de ilave hat kayıplarının oluşmasına neden olur. Bu sebeplerden ötürü tüketicilerin ihtiyacı olan reaktif güç, mümkün olduğu kadar tüketicilere yakın bir yerde üretilmelidir.

Kondansatör ile endüktans arasında 180° faz farkı bulunması nedeniyle birbirlerinin ihtiyacı olan reaktif gücü karşılayabilirler. Endüktif karakteristikli yüklerin talep ettiği reaktif gücü kondansatör, kapasitif karakteristikli yüklerin talep ettiği reaktif gücü endüktans kullanmak suretiyle karşılanmasına reaktif güç kompanzasyonu denir. Seri ve paralel olmak üzere iki türlü yapılabilir. Seri kompanzasyonda yük gerilimde bir azalma olacağından nihai tüketiciler paralel kompanzasyon yaparlar.

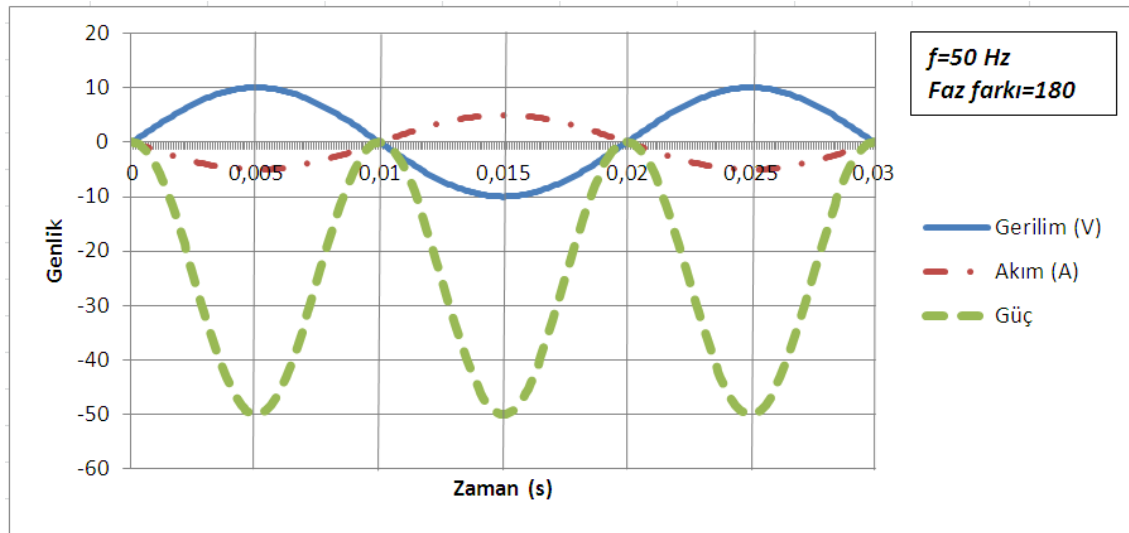
4.3. Anlık Güç grafikleri

4.3.1. Omik yük



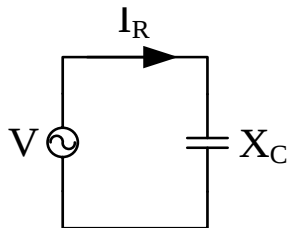


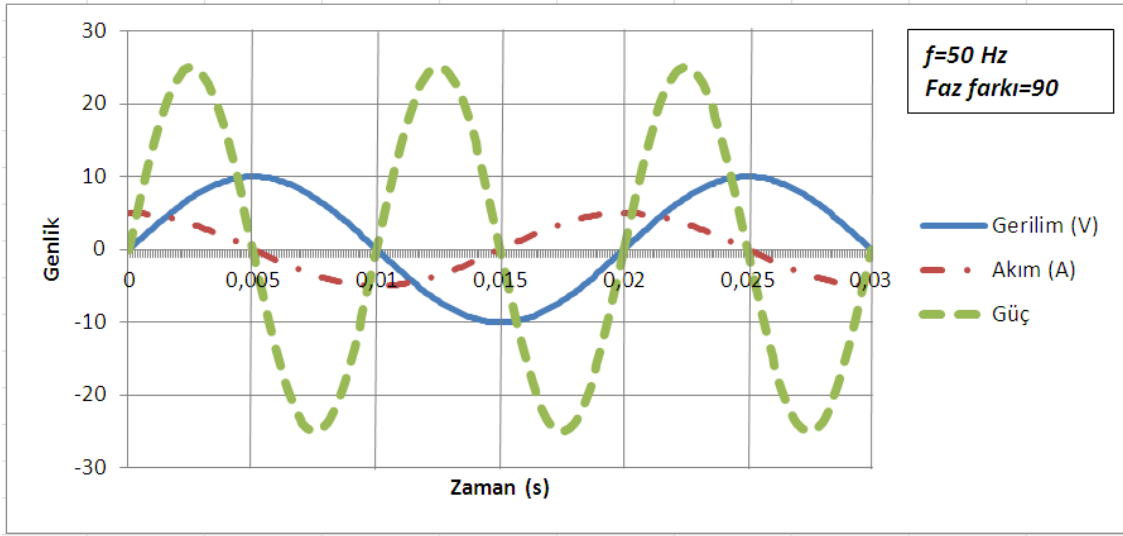
Şekil 1: Şekilde akım ile gerilim arasında faz farkı yoktur. Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç tamamen aktif güce eşittir. Bu durumda şebekeden güç çekilmektedir.



Şekil 2: Şekilde akım ile gerilim arasında 180° faz farkı bulunmaktadır. Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç tamamen aktif güce eşittir. Bu durumda şebekeye güç aktarılmaktadır.

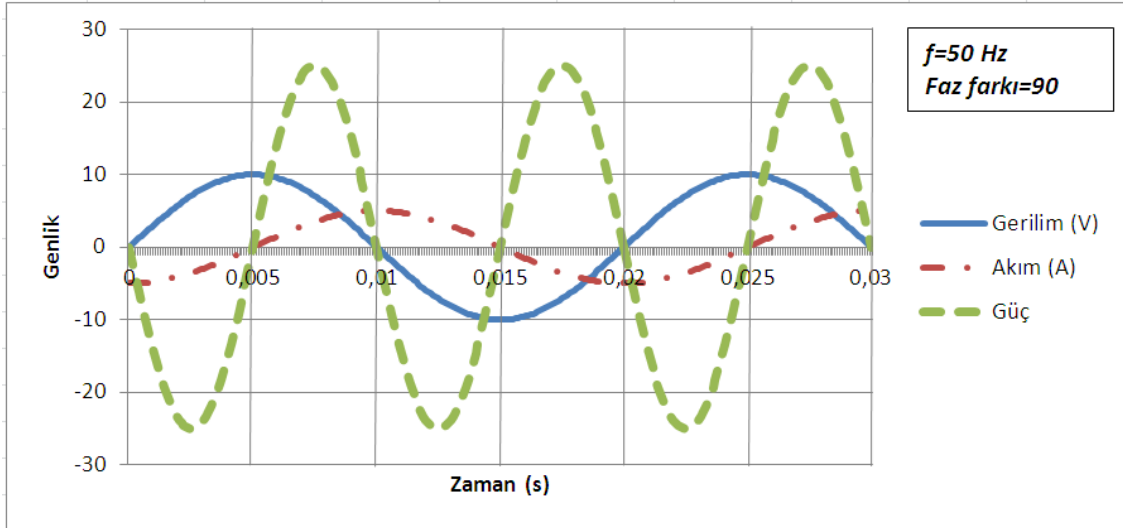
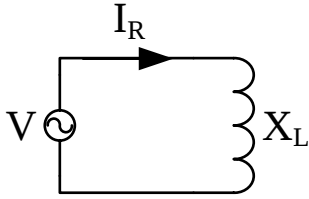
4.3.2. Kapasitif yük





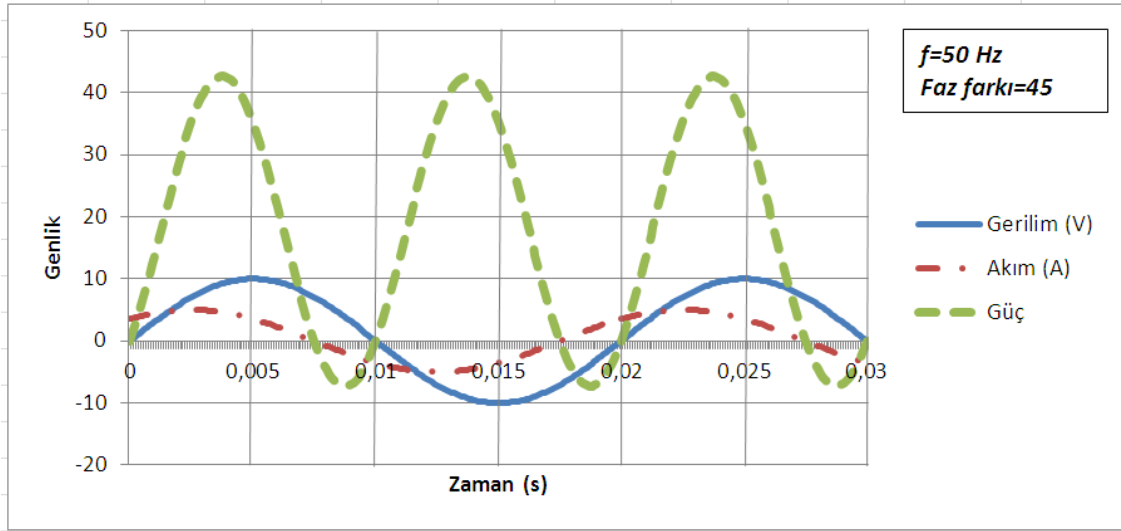
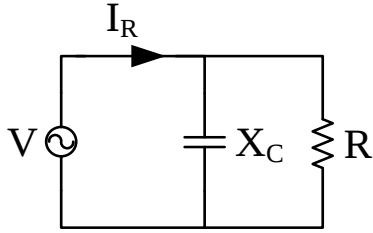
Şekil 3: Şekilde akım ile gerilim arasında 90° faz farkı bulunmaktadır (akım 90° ileridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç tamamen reaktif güce eşittir. Şebeke ile yük arasında salınan bir güç vardır.

4.3.3. Endüktif yük



Şekil 4: Şekilde akım ile gerilim arasında 90° faz farkı bulunmaktadır (akım 90° geridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç tamamen reaktif güce eşittir. Şebeke ile yük arasında salınan bir güç vardır.

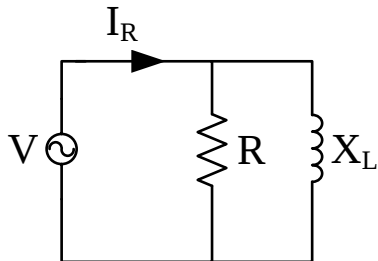
4.3.4. Omik-Kapasitif yük

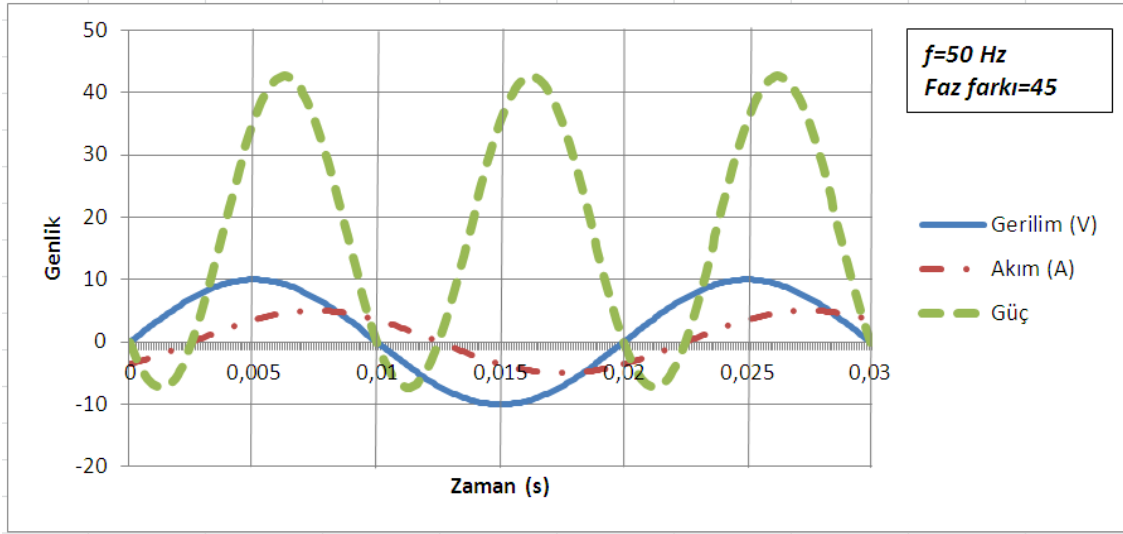


Şekil 5: Yandaki şekilde akım ile gerilim arasında 45° faz farkı bulunmaktadır (akım 45° ileridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç, aktif ve reaktif güçlerin toplamına eşittir.

X eksenini altında kalan kısım reaktif güçtür. X eksenini üzerinde kalan alanda, X eksenini altında kalıp reaktif gücü oluşturan alan kadar reaktif güç bulunmakta ve geri kalan kısmı aktif güç oluşturmaktadır. Şebeke ile yük arasında salınan bir güç vardır.

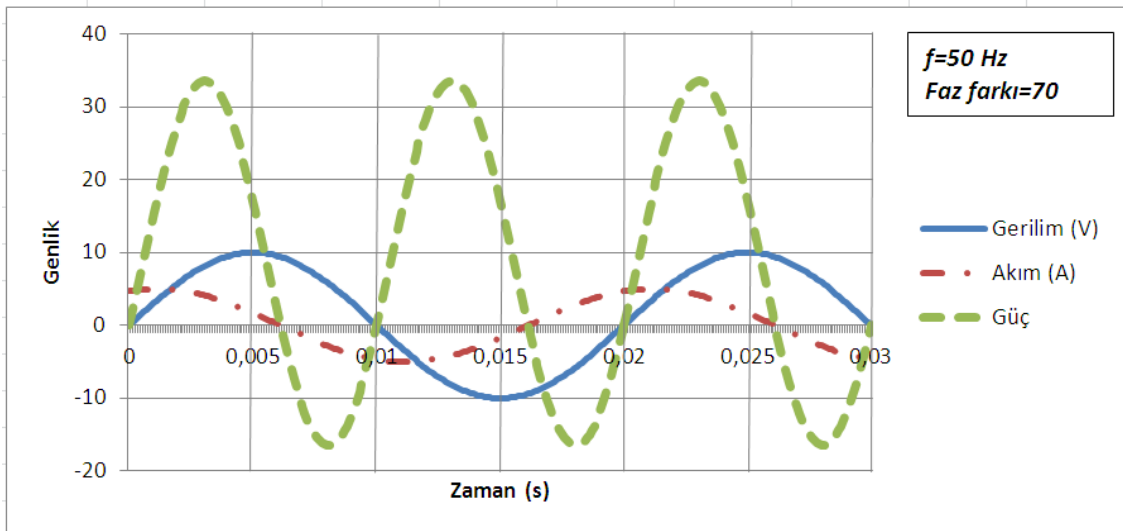
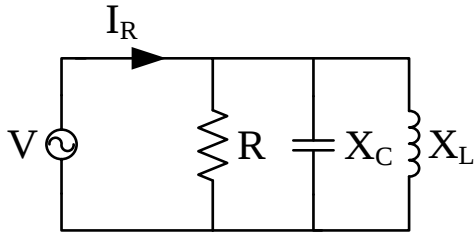
4.3.5. Omik-Endüktif yük



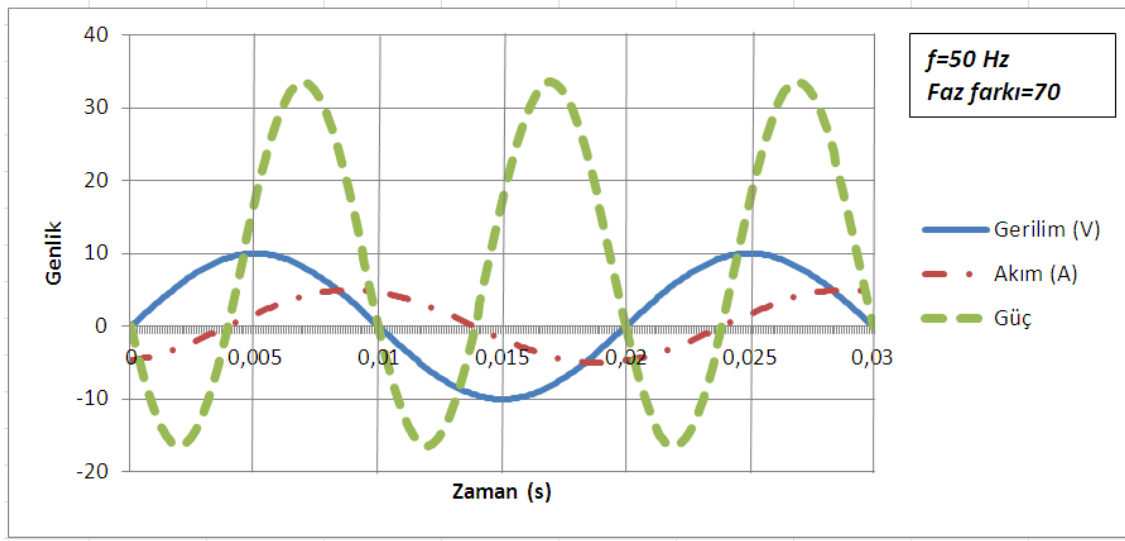
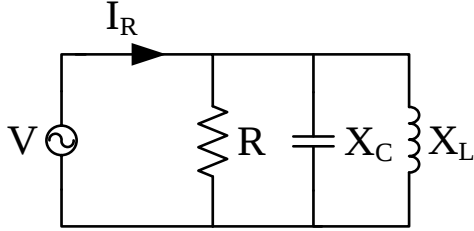


Şekil 6: Şekilde akım ile gerilim arasında 45° faz farkı bulunmaktadır (akım 45° geridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç, aktif ve reaktif güçlerin toplamına eşittir.

4.3.6. Omik-Endüktif-Kapasitif yük



Şekil 7: Yandaki şekilde akım ile gerilim arasında 70° faz farkı bulunmaktadır (akım 70° ileridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç, aktif ve reaktif güçlerin toplamına eşittir.



Şekil 8. Şekilde akım ile gerilim arasında 70° faz farkı bulunmaktadır (akım 70° geridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç, aktif ve reaktif güçlerin toplamına eşittir.

4.4. Kompanzasyonun faydaları

Güç kat sayısının düzeltilmesi hem üretici hem de tüketicileri için çok faydalıdır. Bu nedenle işletme sahibi tarafından kompanzasyon yapılması zorunlu hâle getirilmiştir.

Üretici Yönünden

- İletkenler daha küçük kesitte seçilir.
- Aynı iletim hattından daha fazla aktif enerji iletileceğinden kapasite ve verim artar.
- Enerji üretimi ve satışında maliyet azalır.
- Transformatörler daha küçük güçlü seçilebilir.
- Hatlarındaki kayıplar ve gerilim düşümü azalır.

Tüketici Yönünden

- İletkenler daha ince kesitte seçilir.
- Transformatörler ile kumanda, kontrol ve koruma elemanları daha küçük değerlerde seçilir.
- Transformatörünün ve tesisin kapasitesi ile verimi artar.
- Kayıplar ve gerilim düşümü azalır.
- Şebekeden daha az reaktif enerji çekilir.
- Harcanan enerji azalacağından elektrik faturası azalır.

4.5. Genel Hükümler

Kurulu gücü veya besleme trafolarının toplam kurulu gücü 50 kVA ve daha büyük olan abonelerin alçak gerilimli baradan beslenmesi durumunda mutlaka (17.02.2000 tarih ve 23967 sayı) tebliğ hükümleri çerçevesinde kompanzasyon tesisleri yapılacaktır. 50 kVA'ın alternatif reaktif enerji tarifesine tabi olan abonelerin müracaatı veya fen servislerinin lüzum görmesi hâlinde, bu tür abonelere de eldeki sayaç akım değerleri de göz önüne alınarak reaktif sayaç takılmakta ve bu sayaçların tüketim kayıtlarına göre hesaplama yapılmaktadır. Bilindiği üzere, reaktif sayacı ile reaktif tüketimi ölçülebilen abonelerde reaktif tüketim, aktif tüketimin %33'ünü geçmemesi şartıyla herhangi bir reaktif enerji bedeli alınmayacağı tarifiede belirtilmektedir. Diğer bir ifadeyle abone güç faktörünün 0,95 ile 1 arası değerlerinde reaktif enerji bedeli tarifeye göre alınacaktır. Şu hâlde kompanzasyon yapılacak tesislerde güç faktörü yukarıdaki esaslara göre saptanacak sınırlar içinde kalması koşuluyla gerekli tesis yapılmalıdır. Mevcut tesislere yapılacak kompanzasyonda yine belirtilen sınırlar içinde kalma koşuluyla gerekli tesis yapılacak ve işletmeye bir proje ile müracaatta bulunulacaktır. Reaktif enerji tarifi grubunda olup da endüktif yükü olamayan veya yukarıda belirtilen güç faktörü sınırında çalışan aboneler de işletmeye müracaat etmeleri hâlinde, bu tür abonelerden reaktif enerji bedeli alınmayacaktır.

Yeni Kurulacak Tesislerde Kompanzasyon

Yeni enerji alacak tesislerde hazırlanacak olan projede, kurulacak olan tesise ait nominal veya etiket değerleri göz önüne alınarak kompanzasyon gücü hesaplanarak belirlenecektir. İşletme gerek enerji verme aşamasında gerekse enerji verdikten sonra bu tesisin belirtilen güç faktörü sınırları içinde çalışıp çalışmadığını izleyecektir. 17.02.2000 Tarih ve 23967 Sayılı resmî gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren kompanzasyon tebliğine göre,

Madde 1. Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA ve bunun üzerinde olan elektrik tesislerinde kompanzasyon tesisi yapılması zorunludur.

Madde 2. Üç fazlı olarak beslenen sanayi abonelerinin elektrik enerjisi ile besleme projeleri hazırlanırken, güç kat sayısını düzeltmek için gerekli kompanzasyon tesisleri de proje kapsamına alınmalıdır.

Madde 3. Abonelerin beslenmesinde kullanılan transformatör merkezleri ile ilgili kompanzasyon tesisi projeleri yapılırken, abonelerin kendi tesisleri için tek tek kompanzasyon tesisi kurmaları durumunda, transformatör merkezlerinde yalnızca sabit kondansatör grubunun göz önünde bulundurulması yeterlidir.

Alçak Gerilimde Kompanzasyon

Madde 5. Alçak Gerilimden (1 kV ve altı) Beslenen

5.1. Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA ve daha büyük olan abonelerin alçak gerilimli baradan beslenmesi durumunda, kompanzasyon tesisi projesi, aşağıda belirtilen esaslara göre yapılmalıdır.

5.1.1. Projesi yapılacak tesisin güç katsayısı $\cos \varphi = 0,95$ (dâhil) ile 1,0 arasındaki bir değere yükseltilecek şekilde gerekli kondansatör gücü hesaplanmalıdır.

5.1.2. Kondansatör hesabında kullanılan etkin (aktif) güç, tesisin kurulu gücü ile eş zamanlılık kat sayısı (diversite faktörünün tersi) çarpılarak bulunmalıdır.

5.1.3. Reaktif enerji kompanzasyonunda esas, kompanzasyonun olabildiğince tüketici cihaza yakın yerde yapılmasıdır. Bu nedenle deşarj lambalı armatürler, klima cihazları, su gereksinimi için tesis edilecek motopomplar vb. cihazlarının tek tek olarak kompanze edilmesi önerilir. Ancak tek tek kompanzasyon yapılması durumunda kondansatörler, devreye yük ile girip çıkacak şekilde tesis edilmelidir. Reaktif güç kompanzasyonu, merkezi ve otomatik olarak da tesis edilebilir.

5.1.4. Otomatik güç kompanzasyonu için kullanılacak donatım, 0,4 kV gerilimli ana dağıtım panosundan ayrı olarak başka bir pano içerisine tesis edilmeli ve iki pano arasındaki bağlantı, kablo veya bara ile yapılmalıdır. Kompanzasyon panosu girişinde bıçaklı (üzengili) şalter veya yük ayırıcı şalter ile sigorta veya bıçaklı (üzengili) şalter veya yük ayırıcı şalter ile termik veya manyetik röle bulunmalıdır.

5.1.5. Tesiste bulunan cihazların (makine, motor vb.) güç kat sayısı bilinmiyorsa omik dirençli yüklerde güçleri hesaba katılmayarak başlangıç güç kat sayısı için ölçme ile bulunacak değerler baz alınacak; bunun mümkün olmadığı durumlarda makinelerin güç ve devir sayıları dikkate alınarak yaklaşık başlangıç güç kat sayıları belirlenecek ve Madde 5.1.1’de belirtildiği şekilde projelendirilecektir.

5.1.6. Sabit kondansatör grubu, öncelikle güç transformatörünün boşdaki sabit reaktif kayıplarını kompanze edecek şekilde hesapla bulunacaktır. Bu hesabın yapılmadığı durumlarda, kompanzasyon sisteminde yalnızca sabit grup devredeyken elektrik tesisinin güç faktörü istenilen değerde kalmak koşuluyla, güç transformatörün anma gücünün yaklaşık %5’i ile

%10'u arasında seçilen birinci kondansatör grubu sabit ve sürekli olarak işletmede kalacaktır. Öbür gruplar otomatik olarak devreye girip çıkacak şekilde tesis edilecektir. Sabit grup, ana otomatik şalterden önce veya sonra bağlanabilir. Sabit grubun ana otomatik şalterden önce bağlanması durumunda gerekli teknik emniyet önlemleri (uyarı levhası vb.) alınmalıdır. Sabit kondansatör gücü, sistemde istenmeyen harmoniklerde rezonans oluşturmayacak şekilde hesaplanmalıdır. Abonenin kuracağı tesisler doğrudan alçak gerilim şebekesinden besleniyorsa birinci grubun sabit bağlanması gerekmez.

5.1.7. Başlangıçta çekilecek güç az da olsa, kompanzasyon panosu tam güce göre hesaplanarak projelendirilmelidir. Kompanzasyon tesis gücünün hesaplanmasında kondansatörde zamanla meydana gelecek değer kayıpları, ilgili standartlar ve üretici firma kataloglarına göre göz önünde bulundurulmalıdır. Sistemde reaktif güç artışını gerektirecek bir güç artışı olduğu zaman panoya gerekli kondansatör ve donanım eklenmelidir. Reaktif güç rölesinin ayar dizisi toplamı en az beş olmalıdır. Röle, aşırı ve düşük gerilime karşı koruma sistemlerini içermelidir (Şebeke geriliminin normal gerilimin %10'u kadar ve daha çok artması veya eksilmesi durumunda, röle 0,5 saniye ile 3 saniye arasında bir gecikme ile kumanda ettiği sistemleri devre dışı edecek ve gerilimin yeniden nominal değere yaklaşması durumunda, önce sabit grubu sonra da yükün gereksinimine göre öbür parçaları devreye sokacak özellikte olmalıdır.).

5.1.8. Kondansatör gruplarının ayrı ayrı sigortalar ve kontaktörler üzerinden beslenmesi ve paralel bağlanmış kondansatörlerin yardımcı kontaktör ile devreye alınması koşulu ile grupların seçilmesinde ayar dizisi 1.1.1... 1.2.2... vb. şeklinde olmalıdır. 1.2.4.8... sistemi, seçicili 1.1.1... sistemi gibi çalışacak şekilde de kullanılabilir.

5.1.9. Tesis sahiplerince, tesislerin bütününe veya bir bölümünün omik güç çekeceği veya makinelerin kompanze edilmiş şekilde üretilmiş olduğunun yazılı olarak bildirilmesi ve ilgili belgelerin proje onaylayan kuruluşa sunulması durumunda, projenin onaylanmasında bu özellik göz önünde bulundurulmalıdır.

5.1.10. Motorların tek tek olarak kompanze edilmesi durumunda aşırı kompanzasyona engel olmak için küçük güçlü motorlarda (gücü 30 kW'a kadar olan motorlar), tesis edilecek kondansatörlerin reaktif güç değerleri yürürlükte bulunan yerli ve yabancı standart, şartname, yönetmelik vb.deki değerlerden büyük, büyük güçlü motorlarda (gücü 30 kW'nin üstünde olan motorlar), olabildiğince motorun boş çalışmada çektiği reaktif gücün %90'ından daha büyük olmamalıdır.

5.1.11. Tesislerde harmonik akım üreten redresörler, ark ocakları, elektrik kaynak makineleri, tristör kumandalı doğru akım motorları gibi cihazlar varsa bunların akım darbeleri ile elektrik sisteminde meydana getireceği olumsuz etkileri önlemek için gerekli önlemler alınmalıdır.

5.1.12. Tesisin çektiği aktif enerjiyi ölçen aktif sayaçtan başka, endüktif reaktif enerjiyi ölçmek için bir tane, enerji sağlayacak kuruluşun gerekli görmesi durumunda, abonenin aşırı kompanzasyon sonucunda sisteme vereceği kapasitif reaktif enerjiyi ölçmek için de bir tane olmak üzere toplam iki adet geri dönmeyen reaktif sayaç tesis edilmelidir (Dijital tek sayaç kullanılabilir.)

Uygulamayla İlgili Hükümler

Reaktif Enerji Tarifesi (25/12/1997 tarih ve 23/211 sayılı resmî gazete).

Elektrik Projelerinin Hazırlanması (17/02/2000 tarih ve 23967 sayılı resmî gazete)

Elektrik Tarifeleri Yönetmeliği (09/03/2000 tarih ve 23988 sayılı resmî gazete)

Madde –56 Reaktif Enerji Tarifesi aşağıdaki şartlar hâlinde uygulanır.

- a. Abone çekeceği reaktif enerjiyi ölçmek üzere gerekli ölçü aletlerini tesis etmek zorundadır. Tesis etmeyen abonenin o dönemde çektiği aktif enerjinin 0,90 katı reaktif enerji çektiği kabul edilir (R.G: 9.3.2000 /23988).
- b. Reaktif enerjiyi ölçmek üzere gerekli ölçü aletlerini tesis eden abonelerden çektiği aktif enerjinin 0,33 katına kadar **(%33) reaktif enerji çeken müşteriden reaktif enerji bedeli alınmaz.** Bu sınır aşılsa çekilen reaktif enerjinin tamamına reaktif enerji tarifesi uygulanır. (R.G: 9.3.2000 / 23988)
- c. Abone aşırı kompanzasyon sonucunda sisteme vereceği reaktif enerjiyi ölçmek için geri dönmesiz reaktif enerji sayacını tesis edecektir. **Sisteme verilecek kapasitif reaktif enerji, o dönemde çekilecek aktif enerji tüketim miktarının %20'sini aşması hâlinde abonenin çektiği aktif enerjinin 0,90 katı kadar reaktif enerji tüketildiği kabul edilerek reaktif enerji tarifesi üzerinden bedeli alınır.** (R.G: 9.3.2000 /23988)
- d. Bu maddenin b ve c bentlerinde yazılı sınırların ikisini birden aşan abonenin çekilen aktif enerjinin 0,90 katı kadar reaktif enerji tüketildiği kabul edilerek bedeli alınır.
- e. Tek fazla beslenen abone ile üç fazlı, kurulu güç 15 kW'a kadar, bağlantı gücü 9 kW'a kadar olan aboneye ve meskenler, hayır kurumları, dernekler, vakıflar, resmi teşekküller, kümes hayvanı çiftliği abonelerine reaktif enerji tarifesi uygulanmaz. NOT: Tarımsal sulama abonelerinin çektiği reaktif enerji miktarının azaltılması için, tarımsal sulama abonelerine de reaktif enerji tarifesi uygulanmasına geçilmiştir. (17/02/2000 tarih ve 23967 sayılı resmi gazete)

Madde 10. Aynı Yönetmeliğin değişik 53. maddesinin (b.6) alt bendi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

Reaktif tarife uygulanan müşterilerin elektrik iç tesislerinde kullanılacak deşarj (boşalmalı) lambaları ile bağlantı gücü 9 kW'ı geçen yeni yapılardaki ortak kullanım amaçlı kazan dairesi, klima ve hidrofor tesislerinde kullanılan motorlarda güç faktörünün, ilgili mevzuatta öngörülen değerine çıkarılması için, en azından yükte birlikte devreye girip çıkan bir kondansatör (kondansatörler) ve benzeri tesis edilecektir.

1.4.5. Kompanzasyon Tesislerinde Dikkat Edilecek Önemli Teknik Konular

Kompanzasyon tesislerinin otomatik ayar kademeli yapılması hâlinde “özellikle küçük tesislerde” kompanzasyonun münferit tüketim noktalarına konmasına özen gösterilmelidir. Gerek münferit gerekse merkezi kompanzasyon tesislerinde, elektrik kesilmesi hâlinde bu kompanzasyonun şebeke ile irtibatını kesecek şekilde gerekli önlem alınmalıdır.

Kompanzasyon tesislerinin güç faktörü 0,95-1 sınırı içinde kalacak şekilde yapılmalıdır. Aşırı kompanzasyon tesiste gerilim yükselmelerine neden olabilir.

Kondansatörler devreden çıkarken büyük arklar oluştururlar. Bu nedenle seçilecek anahtarın açma hızlarının büyük olması gerekir. Açma olayı sırasındaki arkın tesisi ile kontakların yanmasını önlemek için arkın tesisi ile kontakların yanmasını önlemek için yük anahtarları nominal kondansatör akımının 1,25 ile 1,8 katı kadar seçilebilir.

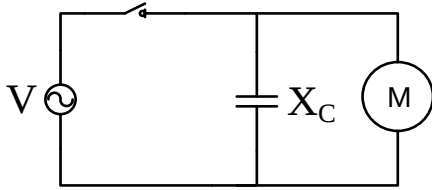
Kondansatör tesislerinde yük harmoniklerin tesiri dikkate alınarak sigorta akımları nominal kondansatör akımından %70 kadar büyük seçilmelidir. Ayrıca gecikmeli tip sigortalar tercih edilmelidir. Başlangıç darbe akımları dikkate alınarak kondansatör tesislerinde kullanılan iletkenlerin kesitleri belirli bir akım şiddeti için normal tesislerden daha büyük seçilmelidir.

Harmonik akımlarını belirli ölçüde amortize etmek amacıyla kompanzasyon tesisleri bir veya birkaç paralel kablo üzerinden baralara bağlanmalıdır.

4.6. Kompanzasyon çeşitleri

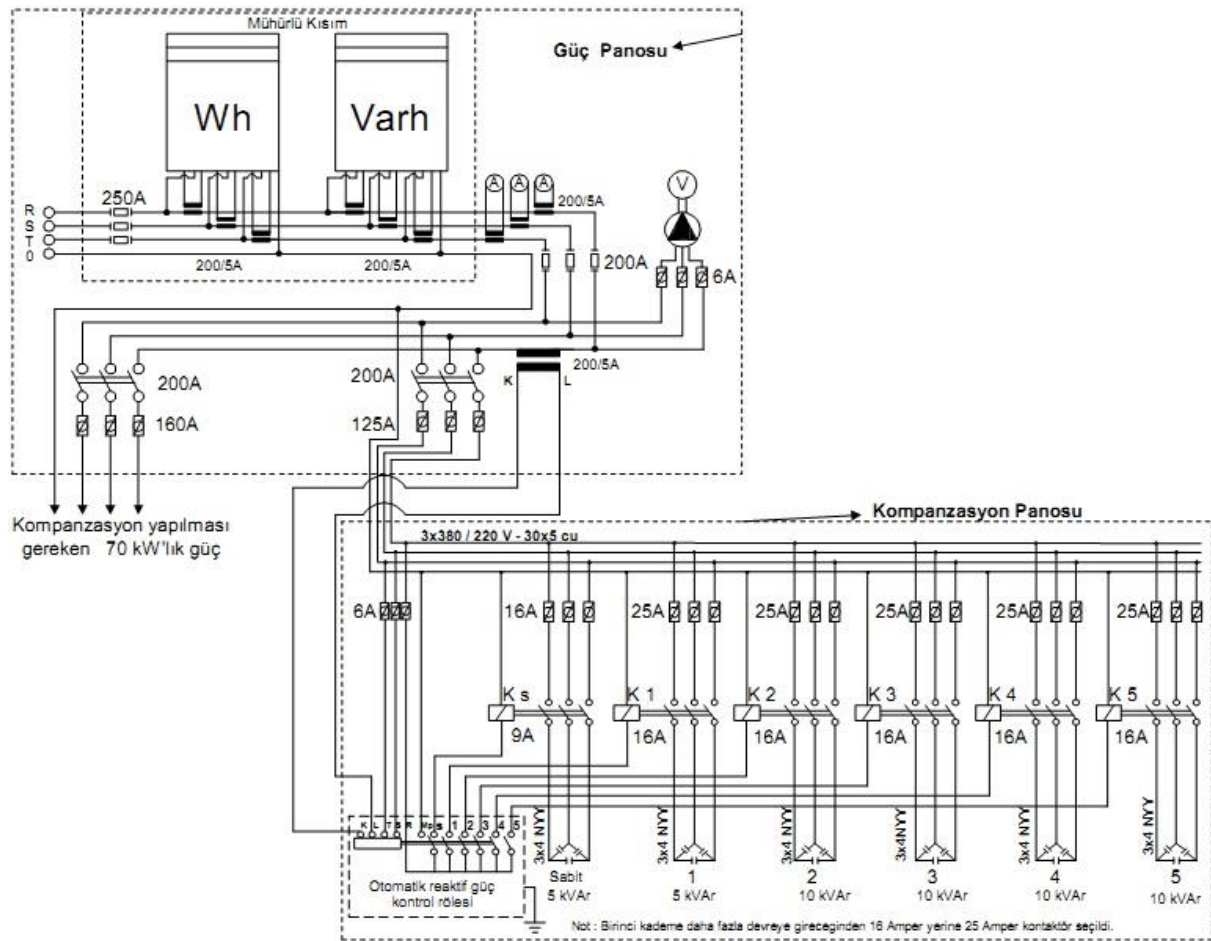
4.6.1. Sabit kompanzasyon

İşletmedeki reaktif güç çeken yüklerin ayrı ayrı kompanze edildiği durumdur. Kompanzasyon her zaman yük ile devreye girer ve yük ile beraber devreden çıkar.



4.6.2. Merkezi kademeli mekanik anahtarlama

İşletmedeki tüm yüklerin çektikleri yüklerin toplamının güç faktörüne bakarak gerekli reaktif gücü anlık olarak devre alan ve devreden çıkaran kompanzasyon çeşididir.



Şekil 9: Örnek bir kademeli kompanzasyon devresi

4.7. Kompanzasyon panosu ve elemanları



Şekil 10: Örnek bir kompanzasyon panosu

4.7.1. Reaktif güç kontrol rölesi



Şekil 11: Güç analizörü

4.7.2. Kondansatörler (Kademeler)



Şekil 12: Kondansatörler

4.7.3. Kontaktörler

Kompanzasyon panosuna kullanılan kontaktörler güç kontrol rölesi ile kumanda edilirler. Gerekli olduğunda güç rölesinden gelen sinyal ile bağlı oldukları kondansatörü devreye alırlar.

4.7.4. Akım trafoları

Reaktif güç kontrol rölelerinin üretildikleri standart akım seviyesine yük akımı indirmek için kullanılırlar.

4.7.5. Sigortalar

Kompanzasyon panosunda kullanılan kontaktör, kondansatörleri ve bağlantı kablolarını korumak için kullanılırlar.

4.8. Örnek soru ve çözümü

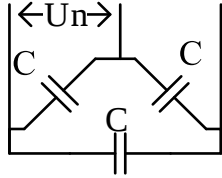
Etiketinde fazlar arası gerilimi $U=440$ V, frekansı 60 Hz ve gücü 20 kVAr yazan üç fazlı, üçgen bağlı kondansatörlerin fazlar arası gerilimi $U=380$ V ve frekansı $f=50$ Hz olan şebekede yıldız bağlı olarak kullanılması halinde gücü kaç kVAr olur? Hesaplayınız.

Çözüm:

Bir kondansatör

$$Q_{C1} = \frac{V_C^2}{X_C} = \frac{V_C^2}{\frac{1}{\omega C}}$$

$$Q_{C1} = V_C^2 \cdot \omega C$$



$$U_n = 440 \text{ V}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

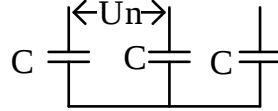
$$Q_c = 20 \text{ kVAr}$$

$$C = ?$$

3 fazlı kondansatörler

$$\Delta \text{ bağlı ise } Q_{C\Delta} = 3 \cdot U^2 \cdot \omega C$$

$$\text{Yıldız bağlı ise } Q_{CY} = 3 \cdot V^2 \cdot \omega C$$



$$U_n = 380 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$Q_c' = ?$$

Her iki durumda kondansatör sığası (C) değişmez.

1. durumda Δ bağlı

$$Q_c = 3 \cdot U^2 \cdot \omega C$$

$$C = \frac{Q_c}{3 \cdot U^2 \cdot \omega} = \frac{20 \cdot 10^3}{3 \cdot 440^2 \cdot 2\pi \cdot 60} = 91 \mu F$$

2. durumda yıldız bağlı

$$V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V}$$

$$Q_c' = 3 \cdot V^2 \cdot \omega C = 3 \cdot 220^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 91 \cdot 10^{-6} = 4151 \text{ VAr}$$

4.9. Sorular

1. Bir fabrikada 3 adet 5 kW güce ve aynı güç faktörüne sahip asenkron motor, toplam 2 kW güce sahip floresan lambalar ve 1 adet 10 kW güce sahip ısıtıcı bulunmaktadır. Fabrikada mesainin 08.00'de başladığı ve 18.00'de bittiği ve aydınlatma yüklerinin bu süre boyunca daima devrede olduğu bilinmektedir. Motorlar ise öğlene kadar ve öğleden sonra 2'şer saat kesintisiz olmak üzere toplam 4 saat çalışmaktadırlar. Isıtıcıların mesai süre boyunca 1'er saat arayla çalışıp, bir saat devre dışı kaldığı (1 saat çalışma-1 saat durma) bilinmektedir. Bu şekilde çalışan fabrikanın bir günlük çalışması için her saat için toplam aktif ve reaktif güç tüketimi ile güç faktörünü hesaplayınız. Her saate göre tablo halinde yazınız.
2. Bu fabrikanın kompanzasyon panosunda kullanılacak akım trafosunun dönüştürme oranı ne olmalıdır? Açıklayınız.

5. DENEY 5: ALÇAK GERİLİM ŞEBEKELERİNDE KULLANILAN TOPRAKLAMA SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

5.1. Deneyin Amacı

TT, TN ve IT tipi topraklama sistemlerinin nasıl oluşturulduğunun, özelliklerinin ve birbirinden farklarının neler olduğunun incelenmesi, bir şebeke faz iletkenine doğrudan ve dolaylı yoldan temas eden bir insan üzerindeki gerilimin hesabına imkân veren eşdeğer devrelerin (hata akımı devrelerinin) elde edilmesi. Kaçak akım koruma cihazının ve izolasyon kontrol cihazının incelenmesi.

5.2. Teorik Bilgiler

5.2.1.Giriş

Günümüzde teknolojiye paralel olarak insan hayatını daha kolaylaştırabilmek amacıyla elektrik enerjisiyle çalışan birçok alet ve cihazlar geliştirilmekte, insanoğlunun kullanımına sunulmaktadır. Normal işletme koşullarında insan hayatını kolaylaştırıcı yönde fayda sağlayan bu cihazlar herhangi bir arıza durumunda (faz hattından cihazın metal gövdesine bir temas oluşması vb. gibi) insan hayatı için tehlike arz etmektedir. Bu nedenle elektrikli cihazların çalıştırılması için gerekli tesisatın kurulması kadar, bu tesisatta bir arıza oluşması durumunda cihazı, tesisatı ve insan hayatını korumak için alınacak önlemler de son derece önemlidir. Bu amaçla A.G. şebekelerinde TT, TN ve IT tipi topraklama sistemleri geliştirilmiştir. Bu deneyde IT, TN ve IT tipi topraklama sistemleri incelenecektir.

5.2.2.Hata Akım Devresi

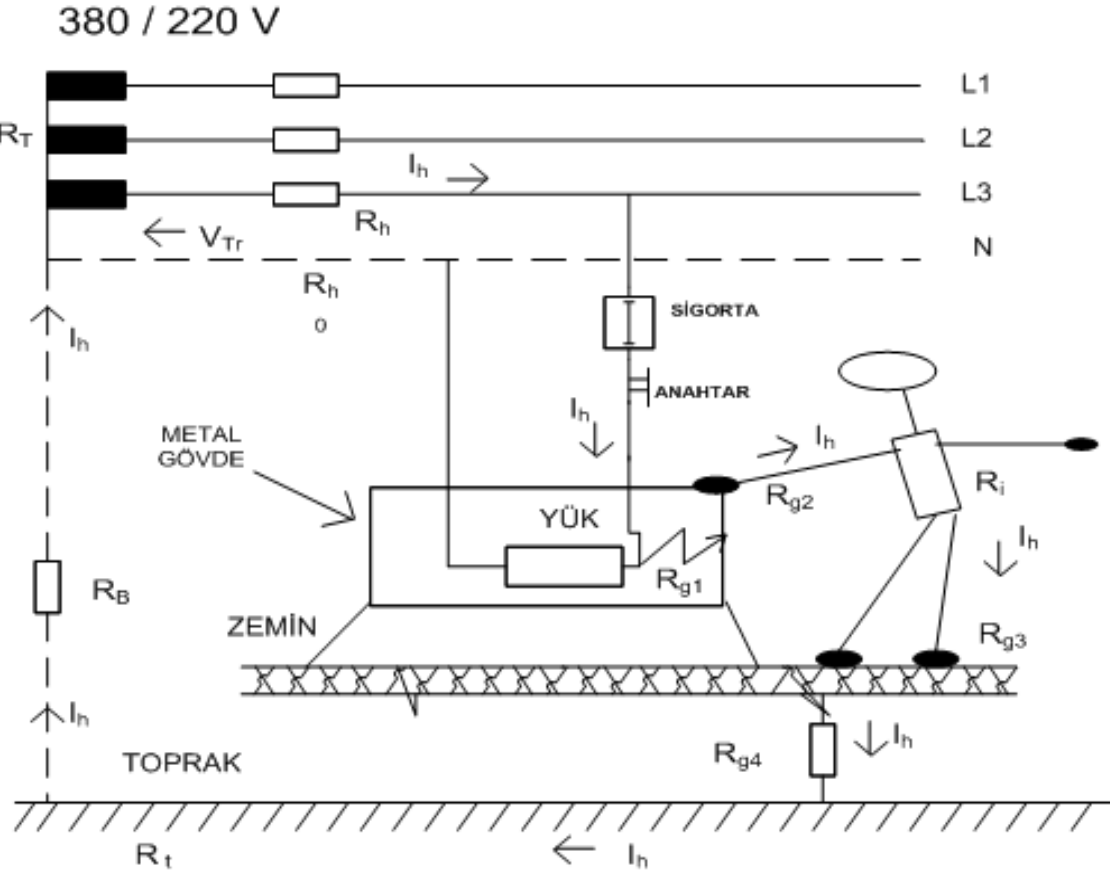
Hata akımı devresi, transformatörün bir faz iletkeninden bağlı hatalı işletme aracının gövdesi ile başlar, buna temas eden el, insan vücudu ve zemine veya topraklanmış herhangi bir madeni konstrüksiyona (örneğin su veya kalorifer tesisatındaki madeni borulara veya binanın topraklanmış herhangi bir madeni kısmına) temas eden ikinci bir el veya ayak üzerinden devam eder. Bundan sonra akım yolu devresi, zemin-toprak geçiş direnci, toprak ve transformatörün işletme topraklaması üzerinden geçerek şebekeyi besleyen transformatörün yıldız noktasında sona erer. Şekil 4.1 de hata akımı devresi gösterilmiştir.

Hata durumunda insan vücudu üzerinden geçen akımın şiddeti insan sağlığı bakımından çok önemlidir. Bu akım şiddeti birinci derecede şebeke gerilimine ve ikinci olarak da devrede bulunan dirençlere bağlıdır.

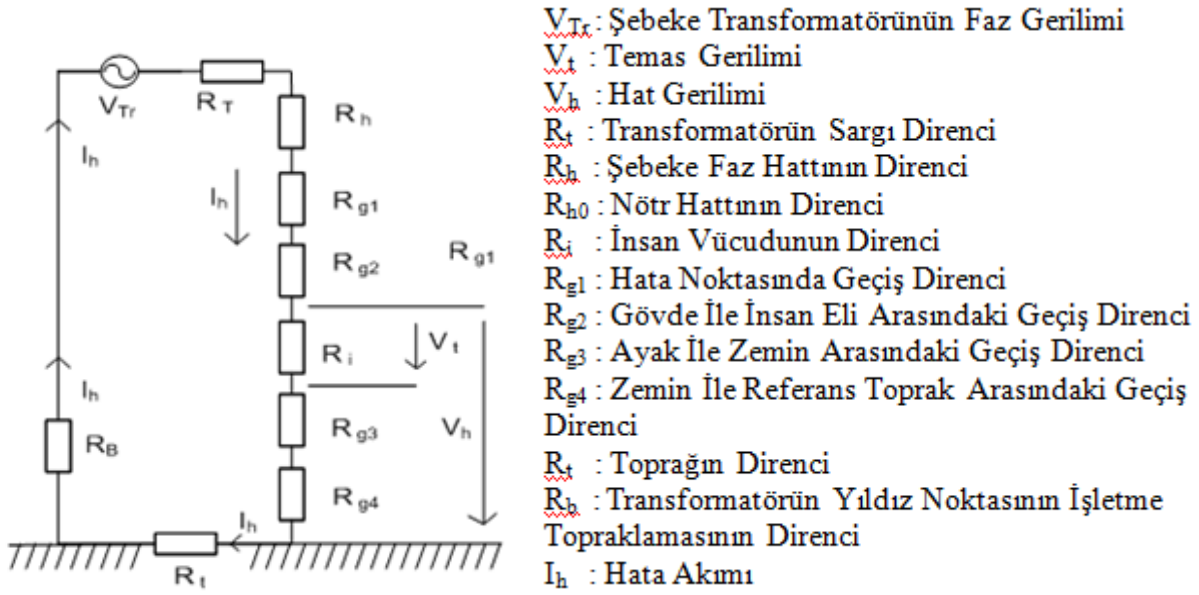
Devrede bulunan dirençler şunlardır:

1. Transformatörün faz sargısının direnci, R_T . Bu direnç çok küçüktür ve diğer dirençler yanında genellikle ihmal edilebilir.
2. Şebeke faz iletkeninin direnci R_h . Bu direnç, hatalı işletme aracının transformatör istasyonuna olan uzaklığına, hattın kesitine ve iletken malzemesine bağlı olarak hesaplanır. R_{h0} , nötr hattının direncidir.

3. İzolasyon hatasının baş gösterdiği yerdeki geçiş direnci, R_{g1} . Arızalı işletme aracının aktif kısmı ile pasif kısmı arasında temasın arklı veya arksız olmasına, arada oksidasyon tabakasının veya yabancı maddelerin bulunmasına bağlı olarak bu direnç farklı değerler alır, Genellikle bu direnç ihmal edilecek kadar küçüktür.



Şekil 4.1 Hata Akım Devresi



Şekil 4.2 Hata Akım Devresindeki Elemanlar

4. Arızalı işletme aracının gövdesine insan elinin dokunduğu yerdeki geçiş direnci R_{g2} bu direnç, temas yüzeylerinin durumuna bağlı olup bunların temiz olmaları halinde ihmal edilecek kadar küçüktür.

5. İnsan ayağının bastığı yerde ayak ile zemin arasındaki geçiş direnci R_{g3} İnsanın el ve ayaklarındaki geçiş dirençleri çok değişken olup geniş sınırlar arasında değişen değerler alabilirler. El ve ayak derilerinin yapısı ve durumu burada çok büyük rol oynar. Ayrıca eldeki geçiş direnci, temas noktası ile buna dokunan elin temiz olup olmadığına; ayaktaki temas direnci ayakkabının yapısına ve malzemesine bağlıdır. Ayrıca R_{g2} geçiş direnci elin ve ayakların rutubetli (örneğin terli) veya kuru olmasına bağlıdır. Elde lastik eldivenin, ayakta kauçuk tabanlı ayakkabının bulunması, vücudun tersiz ve rutubetsiz olması, geçiş direncini o kadar artırır ki, insan vücudundan geçen hata akımı tehlikeli sınırın altında kalır.

6. İnsan vücudunun direnci R_i , uygulanan gerilime, şahısların durumuna ve şahıstan şahsa göre insan vücudunun direnci 1000 ohm ile 5000 ohm gibi geniş bir aralık içerisinde değişim gösterir.

7. Zemin ile toprak arasındaki geçiş direnci, R_{g4} . Zemin ile toprak arasındaki direnç, zeminin yapısına, kaplamasına ve rutubet durumuna göre çok değişik değerler alabilir. Zeminin kuru tahtadan yapılması, üzerinin halı, marley, muşamba gibi yalıtkan tabakalarla kaplanması, geçiş direncini çok artırır ve insanı korur. Buna karşılık rutubetli toprak veya betonarme bir zeminde geçiş direnci daha küçük ve tehlike daha büyüktür. Bu gibi durumlarda, bu geçiş direnci ihmal edilerek zeminin toprak potansiyelinde olduğu kabul edilebilir. Bir eli ile hatalı bir cihazın gövdesine dokunan bir insan, diğer eli ile veya vücudunun herhangi bir çıplak kısmı ile topraklanmış madeni bir kısma dokunursa, zeminin geçiş direnci köprülenir ve daha tehlikeli bir durum meydana gelir.

8. Toprağın direnci, R_t . Bu direnç çok küçük (0.05 ohm/ km) olduğundan daima ihmal edilir.

9. Yıldız noktasının işletme topraklamasına ait geçiş direnci R_B . Elektrik üretim, iletim ve dağıtım kuruluşları ya da şirketleri tarafından yılan bu topraklamanın bazı şartları gerçekleştirilmesi gerekir. Genellikle $R_B=2$ ohm değerindedir. Şekil 4.1’de gösterilen hata şekline, buna göre meydana gelen akım devresine ve devrede bulunan direnç değerlerine göre hata akımı:

$$I_h = \frac{V_{tr}}{R_T + R_h + R_g + R_i + R_t + R_B} \quad (1)$$

olarak bulunur. Burada V_{Tr} , akım kaynağının faz gerilimi olup 380/220 V’ luk şebekelerde $V_{Tr} = 220V$ alınır. R_g , devredeki geçiş dirençlerinin toplamıdır. R_g

$$R_g = R_{g1} + R_{g2} + R_{g3} + R_{g4} \quad (2)$$

olarak bulunur.

Yukarıda da açıklandığı gibi, devredeki diğer direnç değerleri yanında çok küçük olan R_T ve R_t ihmal edilerek (1) eşitliği yerine,

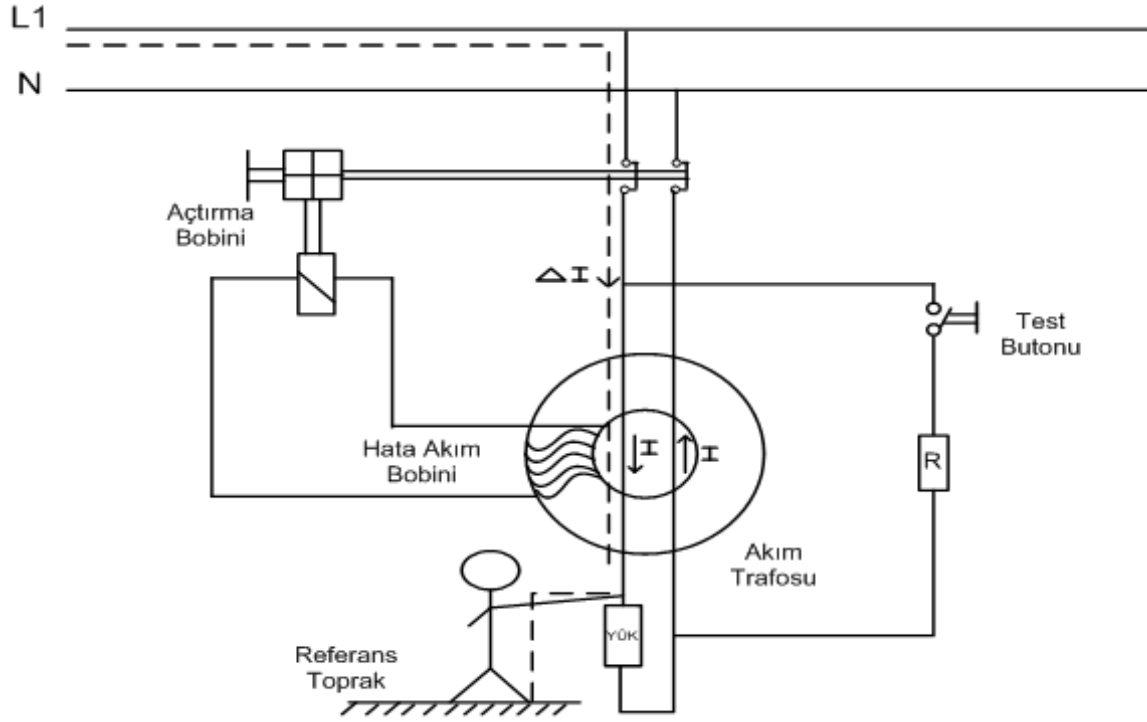
$$I_h = \frac{V_{tr}}{R_h + R_g + R_i + R_B} \quad (3)$$

yazılabilir. Sıfırlama ile korunan tesislerde (TN tipi şebekelerde) hata akımı devresini nötr hattı üzerinden tamamladığı için hata akımı;

$$I_h = \frac{V_{tr}}{R_T + R_h + R_{h0}} \quad (4)$$

olarak hesaplanır. (4) eşitliğinde de görüldüğü gibi TN tipi şebekede devredeki dirençler sadece hatların ve transformatör sargısının direncidir. Bu dirençler çok küçük olduğu için bir faz- gövde temasında geçen akımın değeri çok büyük olur ve bu akım genellikle sigortanın devreyi açmasını sağlayacak kadar büyüktür.

5.3. Kaçak Akımı Koruma Cihazı ve Hata Akımı İle Koruma Bağlaması



Şekil 4.3 Kaçak akım koruma cihazının yapısı

1958 yılından beri uygulanmaya başlanan bu koruma sistemi bugün çok yaygın bir hale gelmiş ve topraklama, sıfırlama, hata gerilimi ile koruma gibi diğer koruma sistemlerinin yerini almıştır.

Hata akımı ile koruma bağlamasında, toprağa doğru veya cihazların madeni mahfazaları üzerinden bir hata akımı geçtiğinde ve bu hata akımı koruma için kullanılan özel bir anahtarın faaliyet akımından büyük ise, söz konusu özel koruma anahtarı, doğrudan doğruya veya dolaylı olarak devreyi keser.

Hata akımı ile koruma bağlaması, işletme akım devresine ait olmayan iletken bölümlerinde baş gösteren yüksek temas gerilimlerinin sürekli olarak kalmasını önler. Bunun için hata akımı belirli bir değerin üstüne çıktığında, tüketiciye gelen bütün iletkenlerin, varsa nötr veya sıfır iletkenlerinin de devreleri 0,1–0,2 saniye içinde açılması gerekir. Bu maksatla, hata akımı anahtarı ile korunan bütün cihazlar, bunların topraklayıcıları üzerinden anahtarın açma akımı geçtiğinde, bu cihazlarda büyük temas gerilimleri meydana gelmeyecek şekilde topraklanırlar.

Eğer büyük hata akımları yüzünden bir tesis bölümünde büyük temas gerilimi gösterirse, bu koruma bağlaması sayesinde bu gerilim çok kısa süreli olarak etkili olur ve bu sebeple insanlar için tehlike baş göstermez.

Hata akımı ile koruma cihazının (kaçak akım koruma cihazı) yapısı basit olarak Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Burada tek fazlı cihaz incelenmiştir. Üç fazlı cihazında çalışma prensibi aynıdır. Ancak üç fazlı cihaza üç faz bir de nötr iletkeni girip çıkarken, bir fazlı cihazdan sadece faz ve nötr iletkenleri girip çıkmaktadır.

Cihaz, bir akım transformatörü, bu akım transformatörü içinden geçen faz ve nötr iletkenleri, bu iletkenlerden geçen akımın farkını (ΔI hata akımı) alan akım transformatörü üzerine sarılmış hata akımı bobini ve bu bobinden gelen akımla çalışan açtırma bobini ve faz ve nötr kontaklarını açan açtırma mekanizmasından meydana gelir.

Eğer tüketici bir fazlı ise, hatasız durumda geliş ve gidiş iletkenlerindeki akımlar birbirine eşittir ve yönleri terstir. Şu hâlde bunların toplamı sıfıra eşittir. Demir çekirdek içinden geçirilen geliş ve gidiş iletkenlerinin çekirdek içinde meydana getirdikleri manyetik akılar da birbirine eşit ve ters yönde olduklarından bunlar birbirlerini götürürler ve toplam akı sıfıra eşit olur. Açtırma bobini enerjisiz kalır ve cihazın kontakları açılmaz, böylece kaçak akım yok iken cihaz devreyi açmaz.

Devrede bir kaçak olduğu zaman giren akım çıkan akıma eşit olmaz. Dolayısıyla akını transformatörü üzerindeki hata akımı bobininden ΔI akımı akar ve bu akım açtırma bobinini çalıştırır. Açtırma bobini açtırma mekanizmasını çalıştırarak cihazın kontaklarının açılmasına neden olur. Kontakların açılmasıyla yükün akımı kesilir.

Piyasada “Kaçak akım koruma rölesi, hata akımı ile koruma cihazı, kaçak akım koruma şalteri adlarıyla da anılan kaçak akım koruma cihazının 10 mA ve genel olarak da 30 mA hata akımı ile çalışan türleri vardır. Ayrıca bu cihazlar aynı zamanda devrede 16A, 25A gibi belirli bir nominal akım değerinde bir otomatik sigorta olarak da çalışırlar. Normal zamanda cihazın çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için faz akımı dışarıdan alınıp akım transformatörü içinden sadece $\Delta I = 30 \text{ mA}$ veya $\Delta I = 10 \text{ mA}$ olarak nötr akımı geçmesini sağlayan R direnci bağlanmıştır. Test butonuna basınca cihaz çalışarak kontağını kapatır.

0,01 mA	Akımın hissedilme sınırı, elde gıcıklanma olur.
1-5 mA	Elde uyuşma hissi, elin ve kolun hareketi zorlaşır.
5-15 mA	Tutulan cisim henüz bırakılabilir, elde ve kolda kramp başlar, tansiyon yükselir.
15-25mA	Tutulan cismin kendiliğinden bırakılması mümkün değildir. Kalbin çalışması etkilenmez.
25-80 mA	Tahammül edilebilen akım şiddeti, tansiyon yükselir, kalp düzensiz çalışmaya başlar, teneffüs zorlaşır, reversibl kalp durması baş gösterir, genel olarak bilinç yerindedir, bazı kimselerde 50 mA'den sonra bayılma meydana gelir.
80-100 mA	Akımın etki süresine bağlı olarak kalpte fibrilasyon baş gösterir, bilinç kaybolur. (0,3 s'den kısa süreli elektrik çarpmalarında fibrilasyon olmaz.)
>3-8A	Tansiyon yükselir, kalp durur, akciğerler şişer, bilinç kaybolur.

5.4. TT, TN ve IT Tipi Topraklama Sistemli Alçak Gerilim Şebekeleri

TT, TN ve IT tipi topraklama sistemleri ortaya çıkmadan önce bu sistemlerin yapmış olduğu koruma “topraklama” ve “sıfırlama” adı verilen metotlar ile gerçekleştirilmiştir. Bunlardan IT tipi topraklama sistemi “topraklama”, TN tipi topraklama sistemi ise “sıfırlama” metoduna dayanmaktadır. Bu sistemlerin isimlendirilmesinde kullanılan T, N ve I harfleri; toprak, nötr ve izolasyon kelimelerinin Fransızca veya İngilizce karşılıklarının ilk harfi olup bunların anlamları şöyle açıklanabilir:

İlk Harf: Kaynağın sıfır volt potansiyelde tutulması gereken referans noktasının (dağıtım transformatörünün yıldız noktasının) topraklanma durumunu gösterir.

T- Toprak (terra) Kaynağın sıfır volt potansiyelde tutulması gereken referans noktası (alçak gerilim şebekesindeki dağıtım transformatörünün yıldız noktası) direkt olarak topraklanmış

I- Yalıtılmış (Isolated) Şebekenin yıldız noktası da dahil olmak üzere bütün aktif kısımları toprağa karşı yalıtılmış veya yıldız noktası bir empedans üzerinden topraklanmış

İkinci Harf: Tüketici cihazların veya tüketici tesislerinin üzerinde gerilim bulunmayan (pasif) madeni aksamalarının topraklanma durumunu gösterir.

T- Toprak (terra) Kaynak ister topraklanmış olsun ister olmasın tüketici tesislerinin üzerinde gerilim bulunmayan madeni aksamalarının topraklanmış olduğunu gösterir.

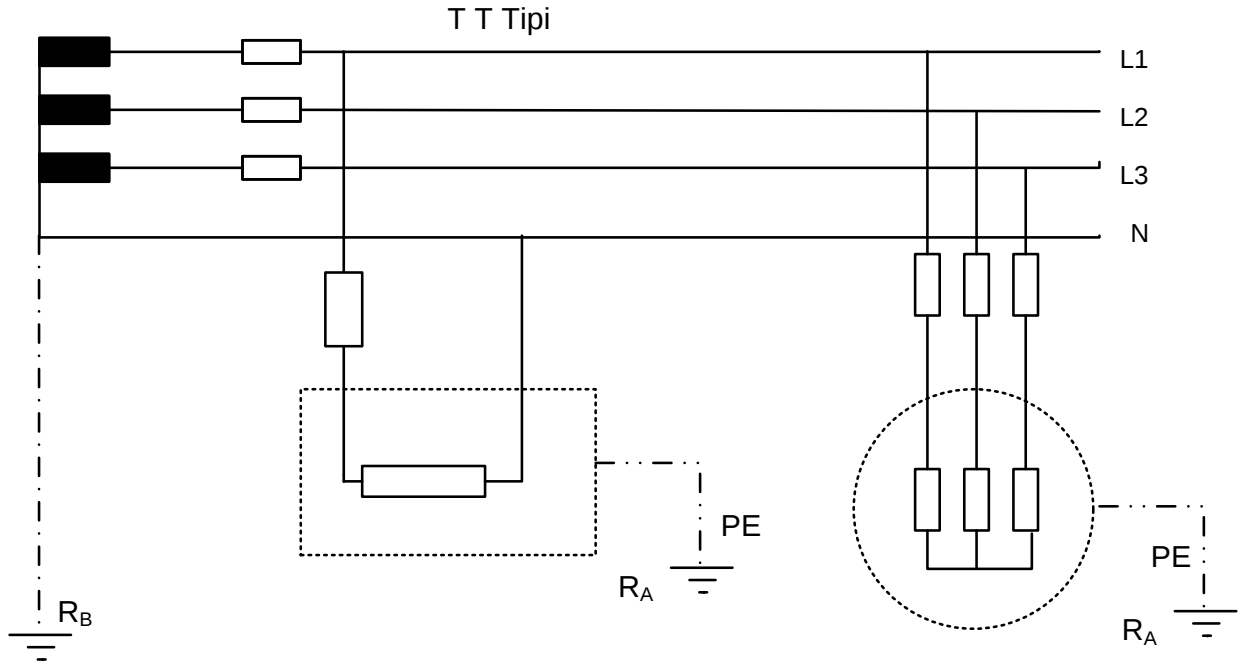
N- Nötr (nötr, neutral) Tüketici tesislerinin üzerinde gerilim bulunmayan madeni aksamalarının doğrudan kaynağın nötr hattına bağlandığını gösterir.

Ayrıca TN sisteminde tüketici tesisinin pasif madeni aksamalarının nötr hattına bağlanması ile ilgili olarak C ve S harfleri de kullanılmaktadır, bunların anlamları:

C- Birleştirilmiş (combined) Koruma hattı (PE) ile nötr hattı (N) birleştirilerek her ikisinin yerine bir tek hat (PEN) kullanılmıştır.

S- Ayrılmış (separated) Koruma hattı (PE) ile nötr hattı (N) birbirinden ayrılmıştır. Yukarıda koruma hattını temsil etmek üzere kullanılan PE harfleri İngilizcedeki koruma topraklaması teriminin (Protection Earth) ilk harfleridir.

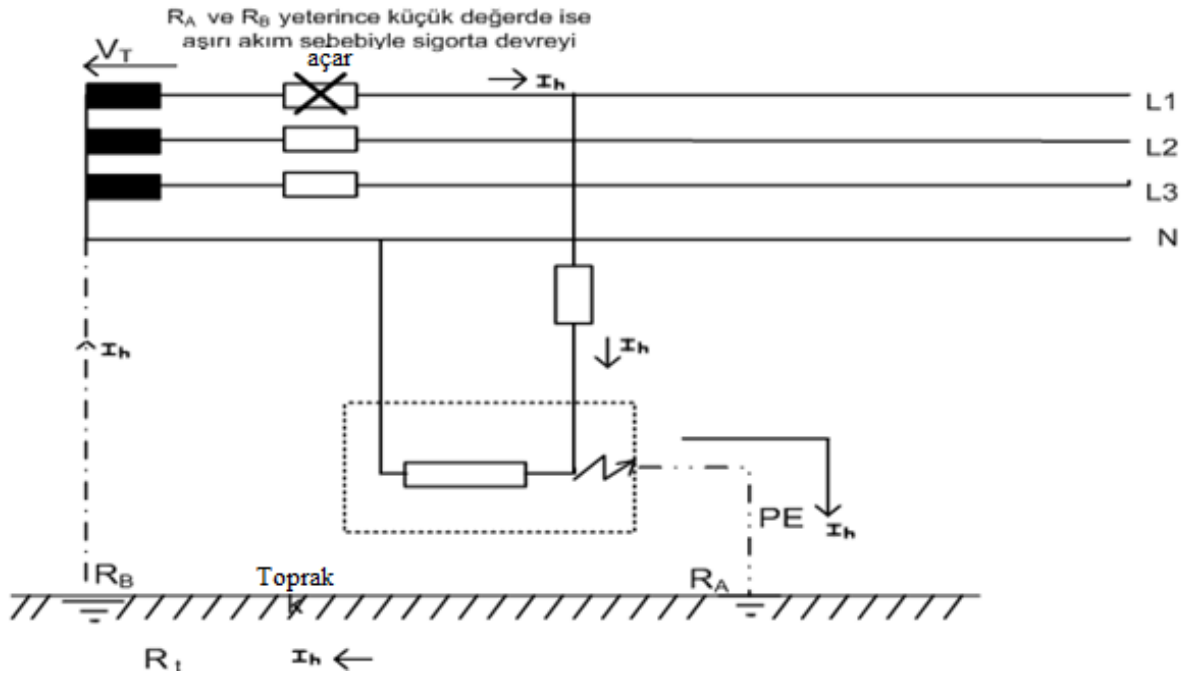
5.4.1.TT Tipi Topraklama Sistemi



Bu sistemde kaynağın nötr noktası (transformatörün yıldız noktası) doğrudan toprağa bağlanır. Bu şebekeye bağlı yüklerin üzerinde gerilim bulunmayan madeni aksamaları da ayrı ayrı toprağa bağlanır. TT sisteminde ilk yalıtım hatasında devrenin kesilmesi zorunludur. Alçak gerilim şebekelerinde nötr hattı mevcut olduğu için TT, TN ve İT tipi topraklama sistemlerini kullanmak mümkün olduğu halde orta

gerilim ve yüksek gerilim şebekelerinde sistem dengeli kabul edildiği için nötr hattı kullanılmadığı için O.G. ve Y.G. şebekelerinde sadece TT tipi topraklama sistemi kullanılır.

Şebeke transformatörünün yıldız noktasının topraklanmasına işletme topraklaması ve şebekeye bağlı yüklerin üzerinde gerilim bulunmayan madeni aksamalarının, madeni gövdelerinin topraklanmasına ise koruma topraklaması adı verilir. Örneğin şekil 4.4'te işletme topraklamasının direnci, R_A ise koruma topraklamasının direncidir. Şekil 4.5 de TT tipi topraklama sisteminde faz-toprak teması durumunda hata akımının geçiş yolu gösterilmiştir. Eğer R_A ve R_B topraklama dirençlerinin değerleri yeterince küçük ise tüketici cihaz (yük) içerisinde faz-gövde teması durumunda hata akımı kısa devre akımına dönüşür ve sigorta devreyi açar.



Şekil 4.5 TT tipi topraklama sisteminde faz toprak teması durumunda hata akımının geçiş yolu

Şekil 4.5'te de görüldüğü gibi cihazın gövdesine temas eden kişi, geçiş dirençleri ihmal edilirse R_A koruma topraklaması direnci uçlarındaki gerilime maruz kalır. Bu nedenle bu gerilimin 65 veya 50V'u aşmaması gerekir. V müsaade edilen temas geriliminin sınır değeri (65V veya 50V) ve T_a hata halinde devreyi açan koruma cihazının açma değeri olmak üzere konma topraklaması direnci R_A aşağıdaki şartı gerçekleştirilmelidir:

$$R_A < \frac{V_t}{I_a} \quad (5)$$

Aşırı akıma karşı koruma cihazının bir hata halinde 5 sn içinde otomatik olarak devreyi kesebilmesi için gerekli açma akımı I_a 'dır. Örneğin nominal akımı 16 A olan bir sigorta açma akımı yaklaşık $I_a = k \cdot I_{sn} = 50$

A'dır. Buna göre temas geriliminin sınır değeri olarak 50 V kabul edilirse konma topraklaması direnci için

$$R_A \leq \frac{V_t}{I_a} < \frac{50}{50} = 1\Omega$$

gibi çok küçük bir değer elde edilir ki, böyle bir topraklamanın ekonomik olarak gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Bu nedenle günümüzde koruma topraklaması önemini yitirmektedir. TT tipi topraklama sisteminde sadece koruma topraklaması ve aşırı akıma karşı koruma düzeninin kullanılması insanın can güvenliğini korumada yetersiz kaldığı için ilave koruma tedbirlerine ihtiyaç duyulur. Bu ilave koruma tedbirleri aşırı akıma karşı koruma düzeni ile ya kaçak akım koruma cihazının (hata akımı ile koruma cihazı) ya da hata gerilimi ile koruma cihazının kullanılmasıdır. Şekil 4.5'te hat dirençleri ve geçiş dirençleri ihmal edilirse, V_T şebeke transformatörünün A.G. tarafındaki faz- nötr gerilimi olmak üzere bir hata halinde devreden geçen I_A hata akımı,

$$I_h = \frac{V_{tr}}{R_A + R_B}$$

eşitliği ile hesaplanabilir. Bu hata akımı sebebiyle aşırı akım koruma düzeninin devreyi kesebilmesi için $I_h > I_a$ şartının gerçekleşmesi gerekir ki bunu temin etmek amacıyla işletme topraklamasının direnci $R_B = 2$ ohm değeri ile sınırlandırılır. Ancak tüketicilerin koruma topraklaması direnci (R_A) kolaylıkla düşük değerli yapılamadığı için

$$I_h \cdot R_A \leq V_t$$

şartının gerçekleşmesi oldukça zordur. Tüketicilerin R_A koruma topraklaması direncinin değeri büyük olduğu için I_h hata akımı küçüktür dolayısı ile aşırı akım koruma elemanları devreyi 0,2 saniye içinde kesemezler. Bu nedenle devre otomatik olarak en geç 5 saniye içerisinde kesilebilmelidir.

Hata akımı ile koruma cihazı kullanırsa cihazın çalışma akımı çok küçük değerli olduğu için hata akımı veya hata gerilimi ile koruma cihazlarının kullanılması halinde R_A işletme topraklamasının direnci $R_A < 200 - 500$ ohm gibi büyük değerler alabilmektedir. $I_{\Delta n}$ hata akımı ile koruma cihazının çalışma akımı olmak üzere tüketici koruma topraklamasının direnci R_A aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$R_A \leq \frac{V_t}{I_{\Delta n}} \quad (6)$$

TT Tipi Topraklama Sisteminin Avantajları

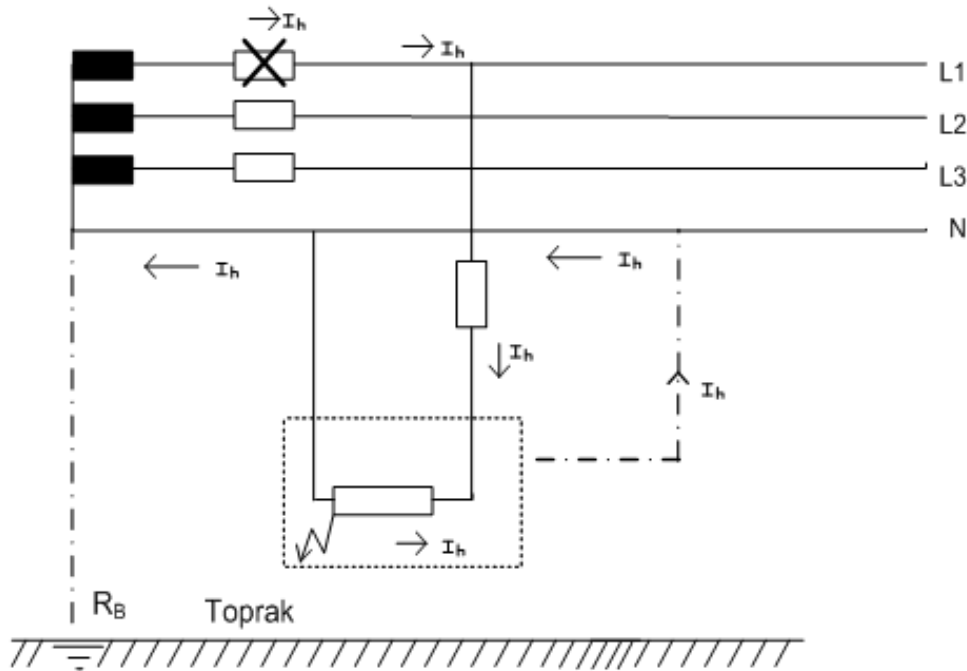
- İşletme açısından ucuz bir sistemdir. Çünkü hata akımları topraklama sisteminin dirençleri ile sınırlı olduğu için sistemde hasara yol açmazlar.
- Elektrik tesisatının tasarımında karmaşık hesaplara gerek yoktur.
- Mevcut tesisin genişletilmesi sırasında hata akımlarının hesaplanmasında risk yoktur.

TT Tipi Topraklama Sisteminin Dezavantajları

- Kaçak akımı düşük bir değerde sınırlamak için toprak direncinden yararlanacak şekilde ayrı topraklama noktaları yapılmalıdır.
- Nötrden ayrı olarak koruma hattına gerek vardır.
- Kaçak akım koruma cihazları kullanmak gereklidir.
- PE hattı koptuğu veya iyi bağlanmadığı takdirde koruma etkisi kalmaz.

5.4.2. TN Tipi Topraklama Sistemi

TN tipi topraklama sisteminde kaynağın nötr noktası (transformatörün yıldız noktası) doğrudan toprağa bağlanır. Bu şebekeye bağlı yüklerin üzerinde gerilim bulunmayan madeni aksamı şebekenin nötr hattına bağlanır. TN sisteminde de ilk yalıtım hatasında devrenin kesilmesi zorunludur. Devredeki araç ve gereçler, prizler koruma iletkeni PE veya hem koruma ve hem de nötr hattı olarak kullanılan PEN iletkeni üzerinden şebeke transformatörünün yıldız noktasına direkt olarak bağlanırlar. TN tipi topraklama sistemi bugün dünyada en yaygın olarak kullanılan topraklama sistemi türüdür.



Şekil 4.6 TN tipi topraklama sisteminde faz-toprak teması durumunda hata akımının geçiş yolu

TN topraklama sistemi alçak gerilimli (1000V'a kadar) sistemler için kullanılmaktadır. TN topraklama sistemi eskiden sıfırlama sureti ile yapılan koruma topraklamasına eşdeğerdir. Bu sistemde tek bir yalıtım hatası faz-nötr kısa devresine dönüştüğü için devreden geçen hata akımı kısa devre akımı seviyesindedir. Temas gerilimi tehlikeli boyuttadır ancak gerekli hesaplamalar iyi yapılmışsa hata akımı kısa devre akımı

seviyesinde olacağı için koruma elemanı (sigorta vb.) çok kısa sürede devreyi açar. Ancak kablo uzunluklarının devredeki koruma elemanının devreyi açmasına uygun olup olmadığının kontrol edilmesi gerekir. Koruma elemanı ile hata noktası arasındaki mesafe uzun ise kablo da uzun olacağı için kablo direnci büyük olur dolayısıyla hata akımı azalır ve koruma elemanı devreyi açamayabilir.

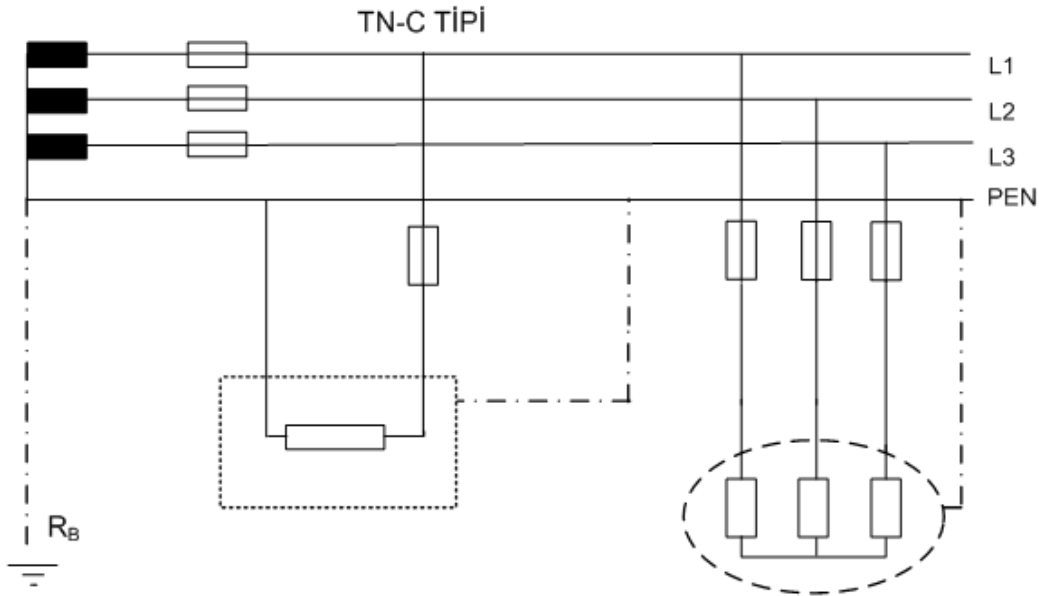
Bir faz toprak teması halinde, işletme topraklamasının R_B direnci üzerinden, PE veya PEN koruma hatlarının ve bunlara bağlı cisimlerin toprağa karşı gerilimleri yükselir. Bu gerilimleri sınıflandırmak için, bütün işletme topraklamalarının toplam topraklama direnci 2 ohm'u geçmemelidir. Bu durumda temas gerilimi için $V_t < 50V$ şartı sağlanabilir. Bir faz iletkeni ile bir koruma iletkeni arasında bir kısa devre olursa, bir hata akımı devresi oluşur. Devrenin Z_d empedansı ile ve koruma cihazının açma akımı I_a öyle seçilmelidir ki, bu hatalı devre belirli bir zaman içinde kesilsin. Bu şartın gerçekleşmesi için

$$Z_d \cdot I_a \leq V_0 \quad (7)$$

olmalıdır. Burada V_0 , şebekenin toprağa karşı nominal gerilimidir. Bu ifade de $I_{\Delta V}$ kaçak akım koruma cihazının açma akımı olmak üzere $I_a \geq I_{\Delta n}$ olmalıdır. TN topraklama sistemi TN-C, TN-S ve TN-C-S olmak üzere üç şekilde uygulanır.

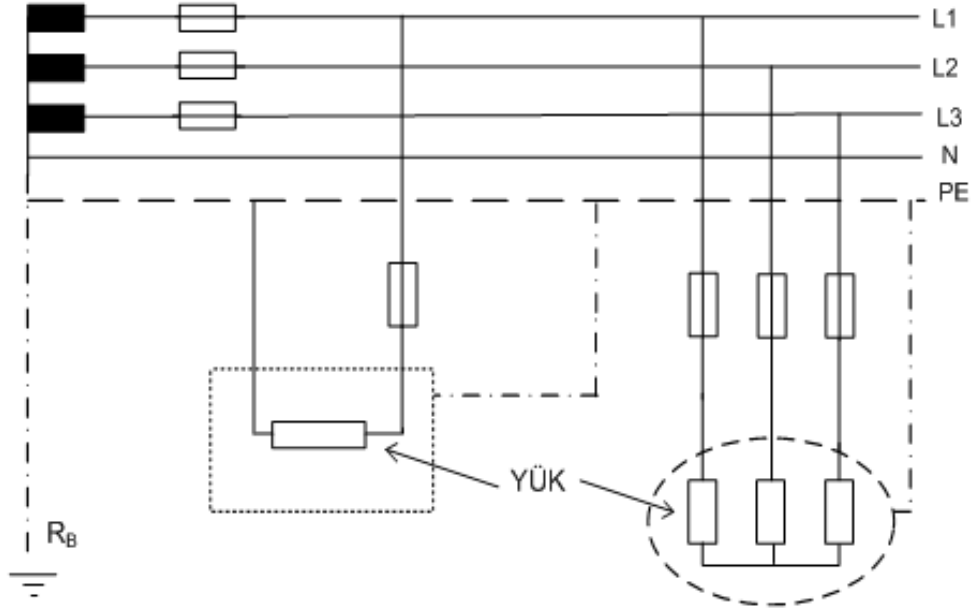
5.4.2.1. TN-C Tipi Topraklama Sistemi

Bu sistemde koruma hattı (PE) ile nötr hattı (N) ortak olup nötr ve koruma topraklaması fonksiyonları tek bir iletken vasıtasıyla gerçekleştirilir. Bu iletkeni PEN koruyucu topraklamalı nötr iletkeni denir. PEN hattı koptuğu takdirde elektrikli cihazların metal gövdelerinde kaçak olmadığı halde gerilim bulunduğu için böyle bir durumda metal gövdeye temas eden kişi için hayati tehlike söz konusudur.



Şekil 4.7 TN-C Tipi Topraklama Sistemi

5.4.2.2. TN-S Tipi Topraklama Sistemi

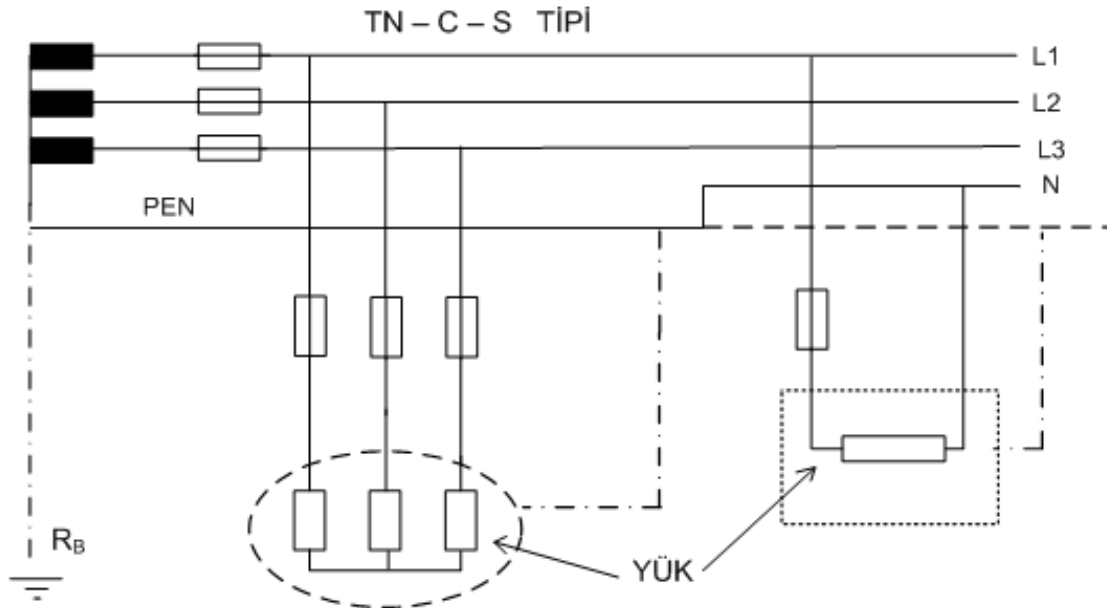


Şekil 4.8 TN-S Tipi Topraklama Sistemi

Bu sistemde koruma hattı (PE) ile nötr hattı (N) birbirinden ayrılmıştır. TN-S sistemi TN-C sisteminden daha güvenlidir. Bu sistem en fazla tercih edilen topraklama istemlerinden biridir.

5.4.2.3. TN-C-S Tipi Topraklama Sistemi

TN-C ve TN-S topraklama sistemlerinin karışımıdır. Sistemin bir kısmının topraklaması TN-C şeklinde diğer kısmının topraklaması ise TN-S şeklindedir.



Şekil 4.9 TN-C-S Tipi Topraklama Sistemi

TN Sisteminin Avantajları

- Montaj açısından en ucuz ve kolay sistemdir.
- Faz iletkeni 10 mm² büyük ise nötr ve koruma iletkeni ortak (TN-C sistemi) kullanılabilir.
- İnsan koruması ile ilgili hesaplar tam yapılmış ise kaçak akım koruma cihazları kullanılmayabilir.

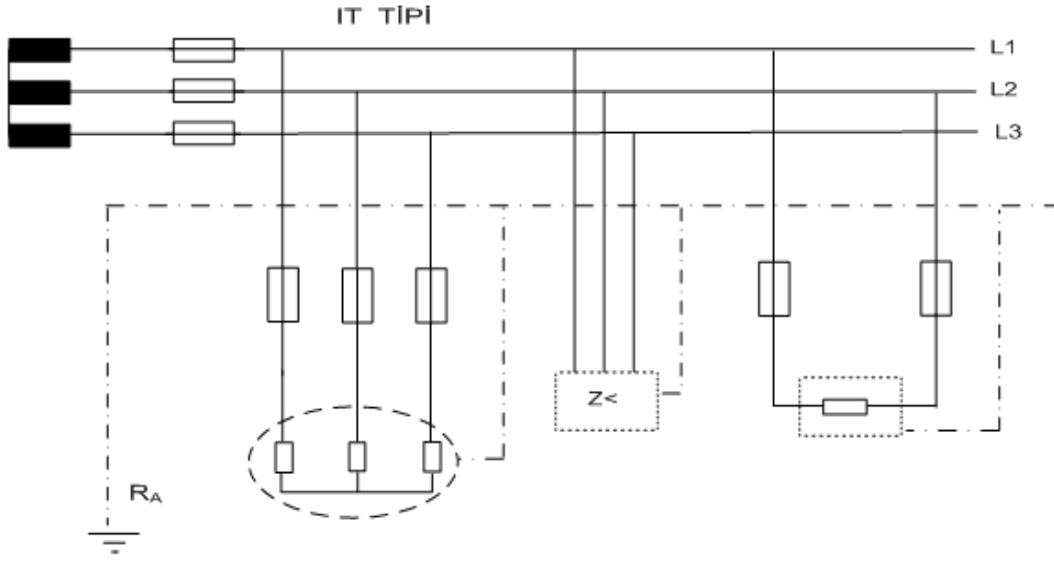
TN Sistemin Dezavantajları

- Kısa devre akımları yüksektir.
- Hata anında devrenin kesilmesi gereklidir.
- İşletme açısından pahalı bir sistemdir, çünkü her yalıtım hatası kısa devreye eşdeğerdir.
- Yangın riski söz konusudur.
- Sigorta veya devre kesiciyi açtıracak akım seviyesi hata akımı ile karşılaştırıldığında, kablo uzunluklarından dolayı hesaplamalarda güçlüklerle karşılaşılır.
- Şebekeye yapılacak her ilave için yukarıda söz edilen hesapları yeniden yapmak gerekir.

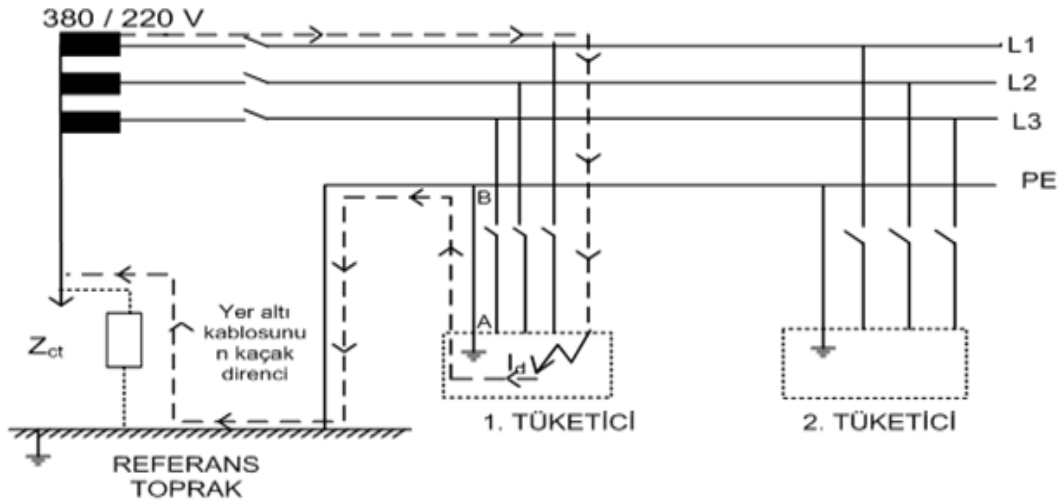
5.4.3.IT Tipi Topraklama Sistemi

IT tipi topraklama sisteminde “I” harfi transformatörün nötr noktasının topraktan yalıtıldığını, “T” harfi ise bu şebekeye bağlı tüketicilerin ortak bir koruma hattına bağlanmış olan metalik gövdelerinin topraklandığını gösterir.

Bu tip şebekelerdeki transformatörlerin nötr noktaları tamamen yalıtılmıştır veya kısa şebekelerde 1500-2000 ohm civarında bir empedans üzerinden topraklanmıştır. Bu tip topraklama sistemlerinin denetim ve gözetimi için uzman personele ihtiyaç vardır. IT sistemi O.G. transformatöründen hemen sonra kullanılacaksa tesisin yıldırım ile açma- kapama aşırı gerilimlerine karşı parafudr ile korunması gerekir. Transformatör topraklaması ile gövdelerin topraklaması arasında bağlantı yoksa tesisatın başlangıcına toprak kaçak akım cihazı yerleştirilir. (Şekil 4.10)



Şekil 4.10 IT Tipi Topraklama Sistemi



Şekil 4.11 IT tipi şebekede bir faz-toprak hatası

1 km şebeke için $Z_{ct} = 3500\Omega$ civarındadır

$$I_d = \frac{V}{Z_{ct}} = \frac{220}{3500} = 62 \text{ mA}$$

$$U_c = V_{AB} = R_{AB} \cdot I_d$$

$$R_{AB} = 2 \Omega$$

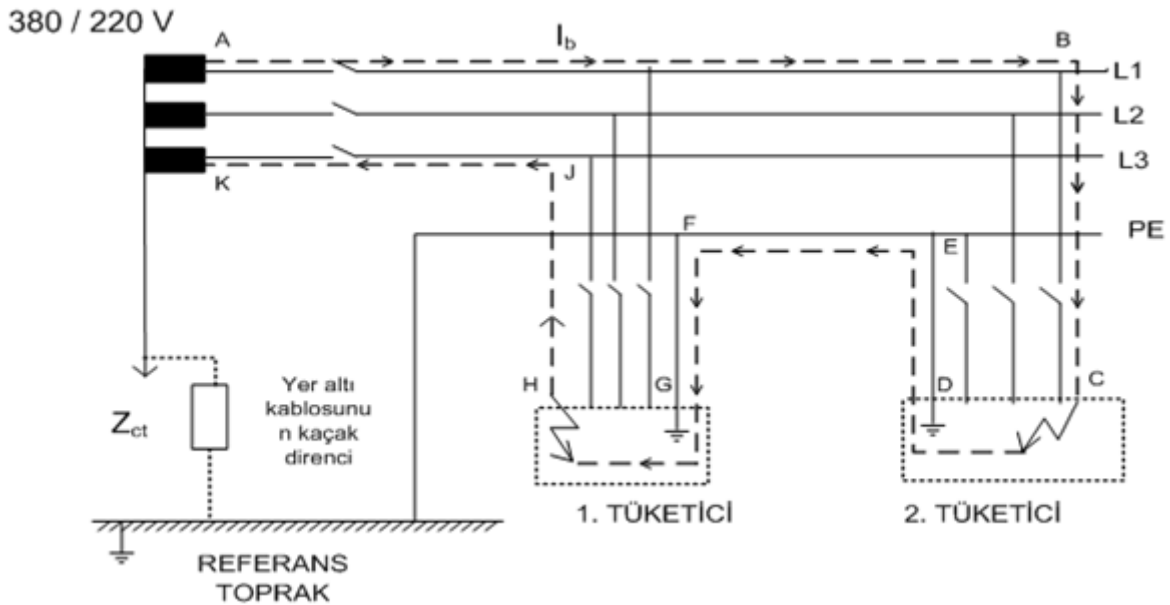
$$U_c = 2 \cdot 0,062 = 0,124 \text{ V}$$

(İnsan için zararsızdır)

Teorik olarak sistemde bir hata meydana geldiğinde nötr noktası toprağa bağlı olmadığı için hiçbir toprak kaçak akımı akmaz. Gerçekte kablolar kusursuz olmadıkları için bir tesisatı topraktan tamamen yalıtılmış olarak düşünmek mümkün değildir. Bu nedenle kabloların yalıtım direncini ve kabloların toprağa karşı olan kapasitelerinden meydana gelen kapasitif reaktansı da dikkate almak gerekir.

Transformatörün yıldız noktası ile toprak arasındaki empedansa eşdeğer olan bu iki parametre esas olarak kapasitiftir ve 1 kilometre için 3,5 k Ω civarındadır. Bu empedansın değerin bilinmesi bize hata akımının seviyesi hakkında bilgi verir. Bu akım değeri genelde çok düşüktür, yangın riskini ortadan kaldırmakla beraber, insanlar için zararsızdır. Bu sistemde yıldız noktasının topraklama direnci çok büyük bir değerde olduğu için insan üzerinde düşen temas gerilimi bir tehlike yaratmayacak kadar küçüktür.

Şekil 4.11 de gösterildiği gibi aynı anda iki ayrı faz toprağa temas ettiği zaman sistemde iki fazlı kısa devre meydana gelir. Bu durumda temas gerilimi yükselerek insan hayatı için tehlike ve arıza bölgesindeki eşyalar için yangın riski ortaya çıkar. Bu durumda devredeki sigortaların devreyi açması gerekir. Ancak sigortanın devreyi açabilmesi için hata devresinin çevrim empedansının küçük olması gerekir. Eğer hata çevrim empedansı çok yüksek ise veya koruma iletkeninin kopma ihtimali varsa bu durumda mutlaka akım koruma cihazları kullanılmalıdır.



Şekil 4.12 IT sistemde aynı anda farklı iki tüketicide farklı iki fazın gövdeye temas etmesi

$$Z_b = 99 \text{ m}\Omega$$

Çevrim empedansı (BCDEFGHJ)

$$U_c = V_{DG} = \frac{U_{BJ}}{2} = \frac{380}{2} = 190 \text{ V}$$

(Tehlikeli temas gerilimi, gövde)

$$I_b = \frac{380}{0,099} = 3838,4 \text{ A}$$

(Faz sigortaları atar)

IT tipi topraklama sistemleri enerjinin sürekli hata sırasında ark meydana gelmemesi istenen yerlerde (hastaneler, maden ocakları, vs.) kullanılır.

IT Topraklama Sisteminin Avantajları

- Faz-toprak hatasında meydana gelen hata akımının küçük olması sebebiyle şebeke zarar görmez, devre kesicileri, sigortalar devreyi açmaz ve böylece işletmede süreklilik sağlanır, tüketicilerin enerjileri kesilmez.
- Faz-toprak hatası sürekli yalıtım cihazlarıyla izlenerek zamanında ortadan kaldırılırsa insanlar için en iyi koruma sağlanmış olur.
- Alçak gerilimde, hastane gibi hiç bir kaçak akıma müsaade edilmeyen özel yerlerde kullanılabilen tek nötr sistemdir.

IT Topraklama Sisteminin Dezavantajları

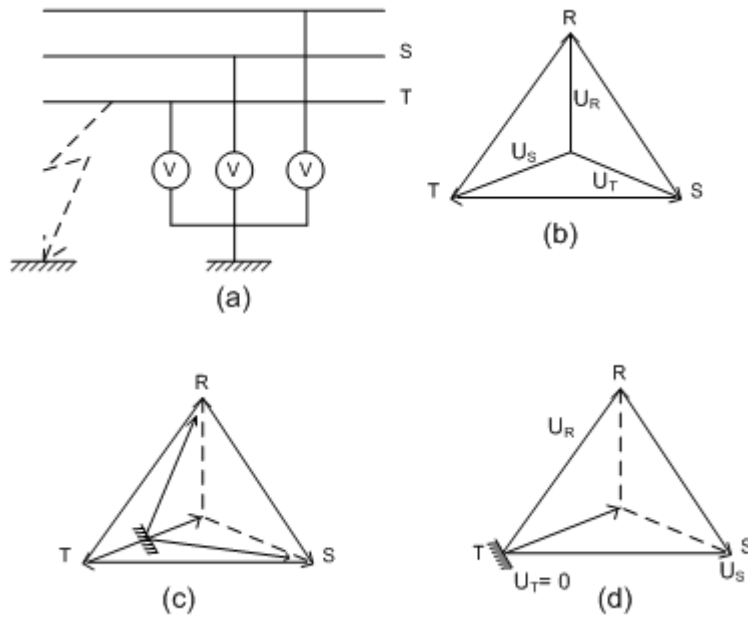
- Tesisatta her değişiklik yapıldığında kablo uzunluklarına göre kısa devre ve çevre empedanslarını hesaplamak gerekir.
- Yalıtım hatasının yerinin tam olarak belirlenmesi kaçınılmazdır. Bu amaçla kullanılan sürekli yalıtım test cihazları da pahalıdır.

5.4.3.1. IT Topraklama Sisteminde Hataların Belirlenmesi

Nötr noktası topraktan yalıtılmış IT tipi şebekelerde hataların belirlenmesi amacıyla iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar üç voltmetre metodu ve sürekli yalıtım test cihazlarıyla kontroldür.

5.4.3.2. Üç Voltmetre Yöntemiyle İzolasyon Kontrolü Metodu

Bu yöntemde 380V gerilim ölçebilen ve yıldız bağlanan üç voltmetrenin birer uçları R, S, T fazlarına (veya L1, L2, L3 fazlarına), yıldız noktası da toprağa bağlanır. Normalde hatasız durumda sistem dengelidir ve her bir voltmetre faz-nötr gerilimi olan 220V gösterir. Şekil 4.13c’de görüldüğü gibi fazlardan birinde (şekilde T fazında) belirli bir kaçak empedans üzerinden kısmi bir toprak kaçağı meydana geldiğinde o fazın voltmetresinin gösterdiği gerilim 220V’un altına düşerken diğer fazların gerilimleri 220V’ un üstüne çıkar. Eğer bir faz toprağa direk temas ederse (Şekil 4.13d), o fazın voltmetresi 0 gösterir, diğer fazların voltmetreleri 380V gösterir.



a) Voltmetrelerin Bağlanması

b) Hatasız Faz Gerilimleri

c) T Fazında Kısmi İzolasyon Hatasında Faz Gerilimleri

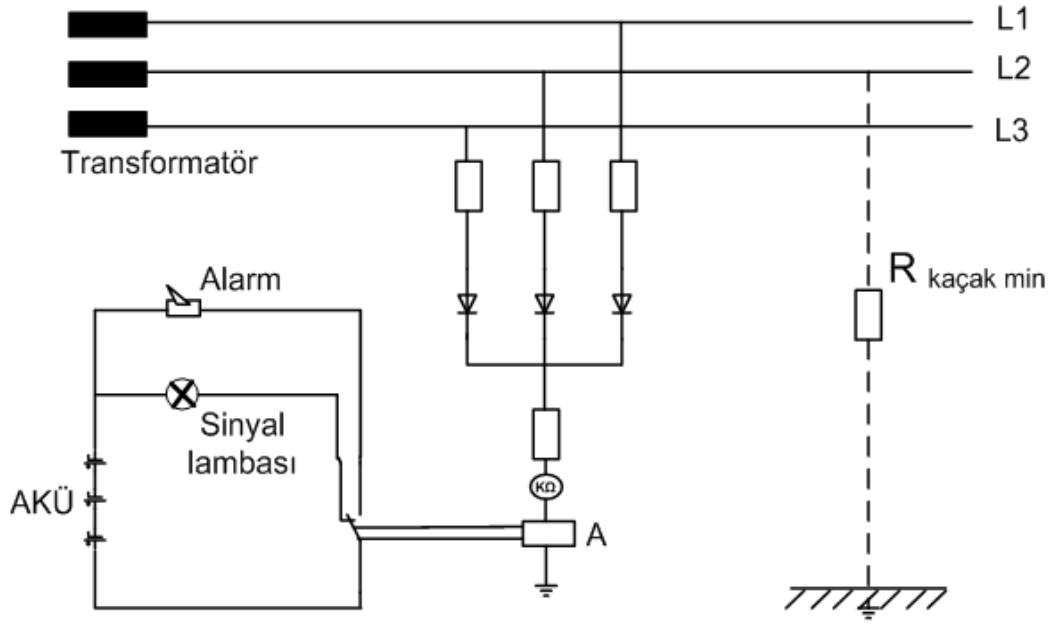
d) T Fazında Direkt Olarak Toprağa Teması Durumunda Faz Gerilimleri

Şekil 4.13 Yıldız noktası yalıtılmış tesislerde üç voltmetre yardımıyla izolasyon kontrolü

Voltmetreler ile yapılan bu izolasyon kontrol sisteminde hata ancak gözle tespit edilebilir; Bunun için de voltmetrelerin bir işletme personeli tarafından sürekli gözle kontrol edilmesi gerekir ki, bu mümkün değildir ve pratik olmaz. Bu nedenle sürekli izolasyon kontrolü yapan ve izolasyon seviyesi önceden tespit edilen bir minimum değerin altına düştüğünde sesli ve/veya ışıklı ihbar veren sinyal sistemleri geliştirilmiştir. Bugün doğru akımla çalışan izolasyon kontrol cihazları tercih edilmektedir. Doğru akımla yapılan kontrol sayesinde hattın toprağa karşı olan kapasitesinin etkisi ortadan kalkar. Bu kontrol sistemi bir ve üç fazlı sistemlere uygulanabilir.

5.4.4. İzolasyon Kontrol Cihazı

Şekil 3.14 te izolasyon kontrol cihazlarının prensip şeması gösterilmiştir. Fazların herhangi biri veya birkaçından toprağa kaçak yok iken cihaz çalışmaz ($R_i = \infty$). Fazlardan biri veya bir kaçından toprağa bir kaçak meydana gelirse ve kaçak sebebiyle izolasyon seviyesi minimum değerin altına düştüğünde $K\Omega$ cihazından ve A otomatik anahtarının bobininden bir akım geçer. $K\Omega$ cihazı geçen akımla orantılı olarak izolasyon seviyesini (kaçak empedansı) gösterir. Bu durumda A otomatik anahtarının kontakları konum değiştirir ve normalde kapalı olan ve hatasız durumda lambanın yanmasını sağlayan kontak açılır ve lamba söner, normalde açık olan kontak kapanır ve kornanın çalmasını sağlar. Böylece sesli alarm verilir.



A: Otomatik Anahtar

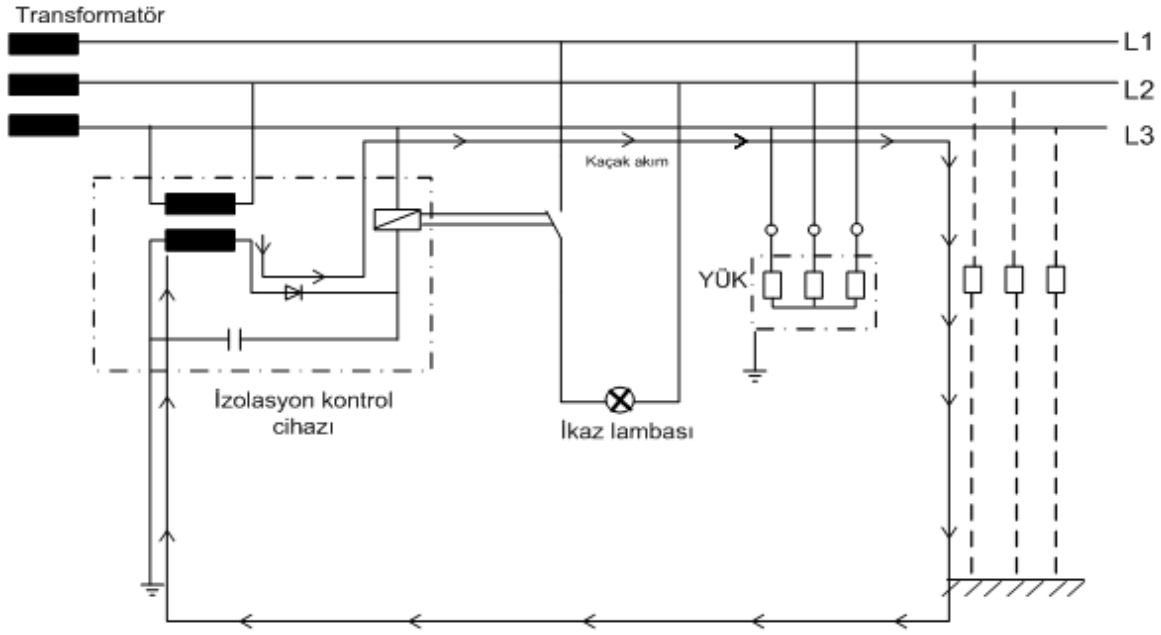
KΩ : İzolasyon Cihazının Direnç Gösteren Bölümü

R kaçak min: Müsaade Edilen En Küçük İzolasyon Direnci

Şekil 4.14 İzolasyon Kontrol Cihazının Prensip Şeması

Yapılan deneyde kullanılan ve (Z<) sembolü ile gösterilen izolasyon kontrol cihazının kontrol şeması Şekil 4.15 te gösterilmiştir. Burada bir transformatör ile 380V gerilim 12V' a indirilmiş ve diyot ile doğrultularak ve kondansatör ile süzerek röle bobininin bir ucuna verilmiştir. (+) gerilim sürekli olarak röle bobininin bir ucuna gelir.

Transformatörün sekonderinden elde edilen DC gerilimin (-) ucu toprağa verilmiştir. Fazlardan birinde bir toprak kaçağı meydana geldiğinde akım şeklindeki yolu izler ve kaçak devre üzerinden gerilim röle bobininin diğer ucuna gelir ve röle enerjilenerek kontağını kapatır ve lamba yanarak ışıklı uyarı verir. Burada lamba yerine korna da kullanılabilir.



Şekil 3.15 Deneyde Kullanılan İzolasyon Kontrol Cihazı

5.5. Deneyin Yapılışı

5.5.1. Deneyde Kullanılan Araç Ve Gereçler

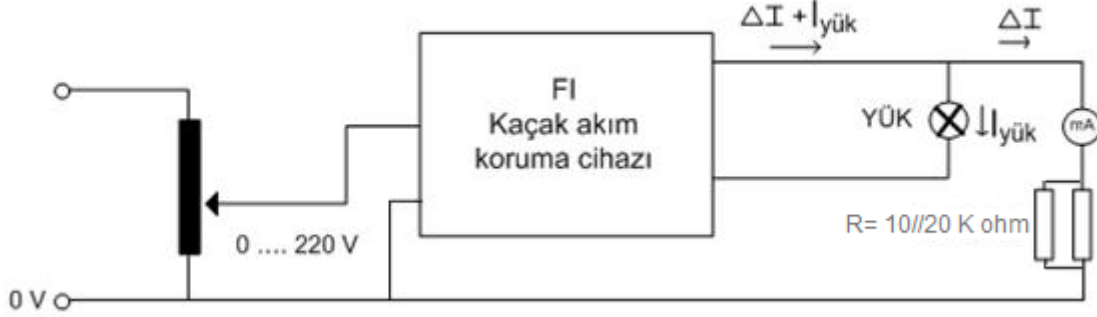
- 1 adet TT tipi topraklama sistemli şebeke modeli
- 1 adet TN tipi topraklama sistemli şebeke modeli
- 1 adet IT tipi topraklama sistemli şebeke modeli
- 1 adet kaçak akım koruma (FI) cihazı $\Delta I=10$ mA
- 1 adet izolasyon kontrol ($Z<$) cihazı
- 1 adet insan modeli
- 1 adet yük modeli (220V'luk lamba)
- 1 adet direnç seti
- 1 adet AC mili ampermetre
- 1 adet AC voltmetre
- 1 adet ototransformatör

5.5.2. Kaçak Akım Koruma Cihazının İncelenmesi

Deneyin Yapılışı

1. Oto transformatör çıkışını sıfır volta getiriniz. Oto transformatör çıkış gerilimini yavaş yavaş arttırınız. Bu arada miliampermetreden kaçak akım değerini gözleyiniz. Kaçak akımı koruma cihazının devreyi açtığı akım değerini mA cinsinden aşağıdaki boş sütuna yazınız.

2. Devrede kaçak empedansı temsil eden 10//20 k Ω 'luk direnci devreden çıkartınız. Ototransformatörün çıkış gerilimini 220V'a ayarlayınız ve cihaz üzerindeki test butonuna basarak cihazın devreyi açıp açmadığını kontrol ediniz.



Şekil 4.16 Kaçak akım koruma cihazı deney devresi

Cihazın Çalışmaya Başladığı Akım Değeri $\Rightarrow$ mA

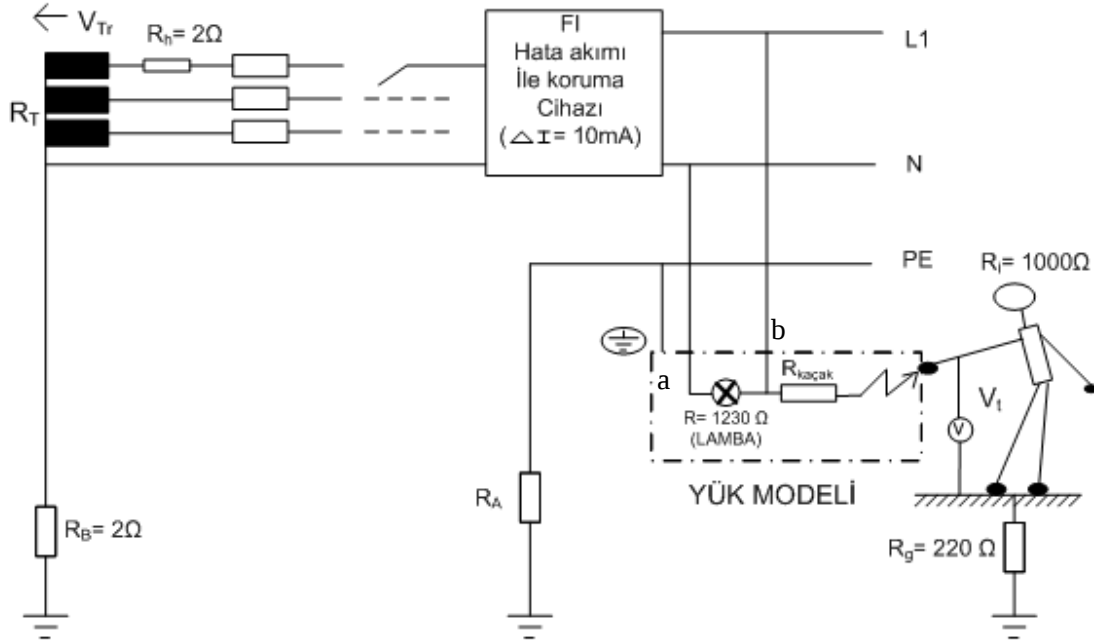
5.5.3.TT Tipi Topraklama Sistemli Alçak Gerilim Şebekesi

Deney devresindeki R_B transformatör merkezinin işletme topraklamasının direnci, R_A ise tüketicinin koruma topraklamasının direncidir. Deneyde bu dirençlere sıfır ohm değeri verilerek ideal topraklama ve 45 Ω değeri verilerek yetersiz topraklama durumları göz önüne alınacaktır. Tüketicisi ya da yük modelinde gövdeye bir $R_{kaçak}$ direnci üzerinden kaçak olduğu kabul edilmektedir. Gövdeye dokunan insan için $R_{kaçak}=0$ iken direkt temas $R_{kaçak}=2200 \Omega$ iken dolaylı temas meydana gelmektedir. İnsan modelindeki R_i insanın iç direncini ve R_g insanın üzerinde bulunduğu zeminin direncini temsil etmektedir. Deneyde insan üzerinden geçen akım devresini nötr hattından değil R_g ve R_B üzerinden tamamlar, bu nedenle insan üzerinden geçen akım cihaz açısından bir kaçak akımdır. Kullanılan kaçak akım koruma cihazının çalışma eşik değeri 30 mA olduğu için insan üzerinden geçen akımın 30 mA' i aşması durumunda kaçak akım koruma cihazı çalışarak devreyi açacak, yük ve insan üzerine gelen gerilimi kesecektir.

Deneyin Yapılışı

1. Şekil 4.17 de verilen deney devresini kurunuz.
2. Tablo 4.1 de açıklanan hata durumları ve verilen kaçak direnci ve tüketicinin koruma topraklaması direnç değerleri için insan üzerindeki temas gerilimini (V_t) ölçünüz ve kaçak akım koruma cihazının devreyi açıp açmadığını kontrol ederek Tablo 4.1 i doldurunuz. Her ölçümde bulduğunuz temas gerilimi değerlerinin insan için tehlike arz edip arz etmediğini, belirterek elde ettiğiniz sonuçları yorumlayınız.

3. Şekil 4.17 deki a ve b noktalarından tüketici gövdesine bir $R_{\text{kaçak}}$ direnci üzerinden temas meydana gelmesi durumlarına ait eşdeğer devreleri şekil 4.17 ye bakarak çiziniz. Çizdiğiniz eşdeğer devrelerden yararlanarak Tablo 3.1 deki eleman değerleri için V_t gerilim değerlerini hesaplayınız ve hesapladığınız V_t değerlerini Tablo 3.1 e kaydediniz. Hesaplama yapılırken şebeke transformatörünün direnci ve endüktif reaktansı ihmal edilecektir. (Deney raporunda her iki eşdeğer devre ve hesaplamalar gösterilecektir.)



Şekil 4.17 TT Tipi Topraklama Sistemi Deney Devresi

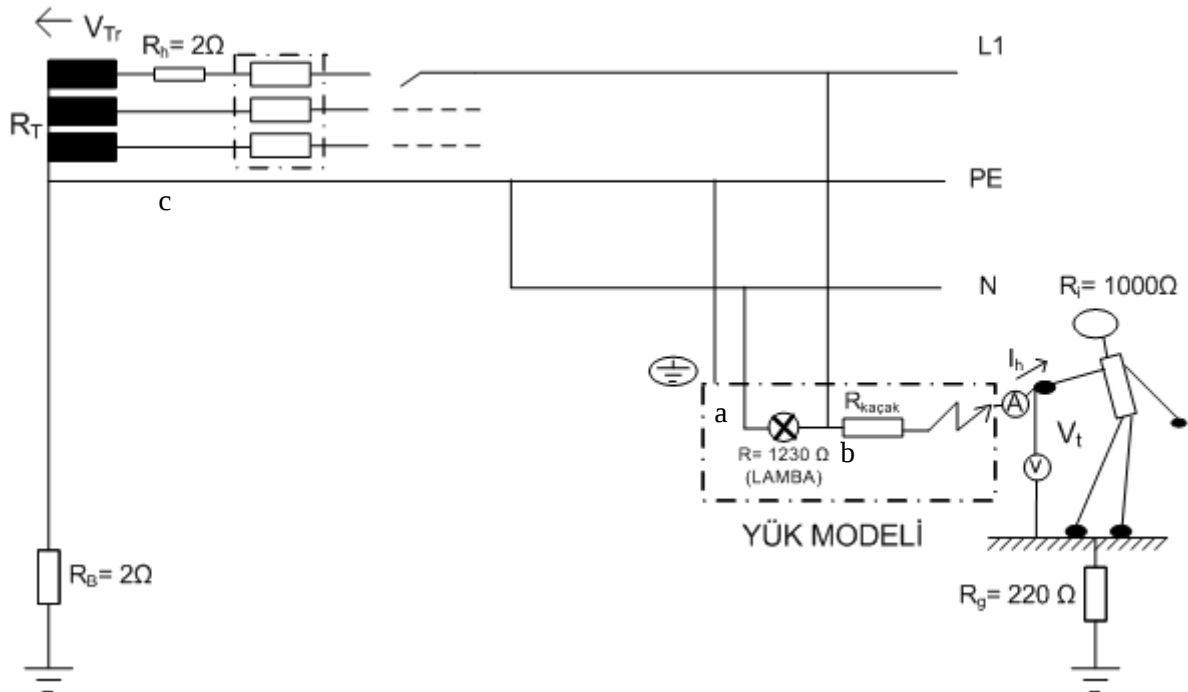
Tablo 4.1 TT Tipi Topraklama Sistemli A.G Şebekesi Deney Sonuçları

Kaçak Noktası	$R_{\text{kaçak}}$ [Ω]	R_A [Ω]	Ölçülen V_t [V]	Hesaplanan V_t [V]	F1 Açtı mı? (Evet/Hayır)
a	0	0			
	0	∞			
b	0	0			
	1000	45			
	2200	45			
	0	∞			

5.5.4. TN Tipi Topraklama Sistemli Alçak Gerilim Şebekesi

Deneyin Yapılışı

1. Şekil 4.18 de verilen deney devresini kurunuz.
2. Tablo 4.2 de açıklanan hata durumları ve verilen kaçak direnci değerleri için insan üzerindeki temas gerilimini V_t ve insan üzerinden geçen kaçak akım değerlerini ölçerek Tablo 4.2'ye kaydediniz. Her ölçümde bulduğunuz temas gerilimi değerlerinin insan için tehlike arz edip arz etmediğini belirterek, elde ettiğiniz sonuçları yorumlayınız.
3. Tablo 4.2'de belirtilen üç hata durumuna ait eşdeğer devreleri şekle bakarak çiziniz. Çizdiğiniz eşdeğer devrelerden yararlanarak Tablo 4.2'deki kaçak direnç değerleri için V_t gerilim değerlerini ve I_h akımlarını hesaplayınız ve hesapladığınız V_t ve I_h değerlerini Tablo 4.2'ye kaydediniz. Hesaplama yapılırken şebeke transformatörünün direnci ve endüktif reaktansı ihmal edilecektir. (Deney raporunda her üç eşdeğer devre ve hesaplamalar gösterilecektir.)



Şekil 4.18 TN Tipi Topraklama Sistemi Deney Devresi

Tablo 4.2 TN Tipi Topraklama Sistemli A.G Şebekesi Deney Sonuçları

Hatanın Oluş Şekli		$R_{\text{kaçak}}$ [Ω]	Ölçülen		Hesaplanan	
			V_t (V)	I_h (mA)	V_t (V)	I_h (mA)
1	a noktasından gövdeye kaçak (Nötr hattından gövdeye kaçak)	0				
		2200				
2	b noktasından gövdeye kaçak (Faz hattından gövdeye kaçak)	0				
		2200				
3	b noktasından gövdeye kaçak ve c (toprak) noktasından hat açık	0				
		2200				

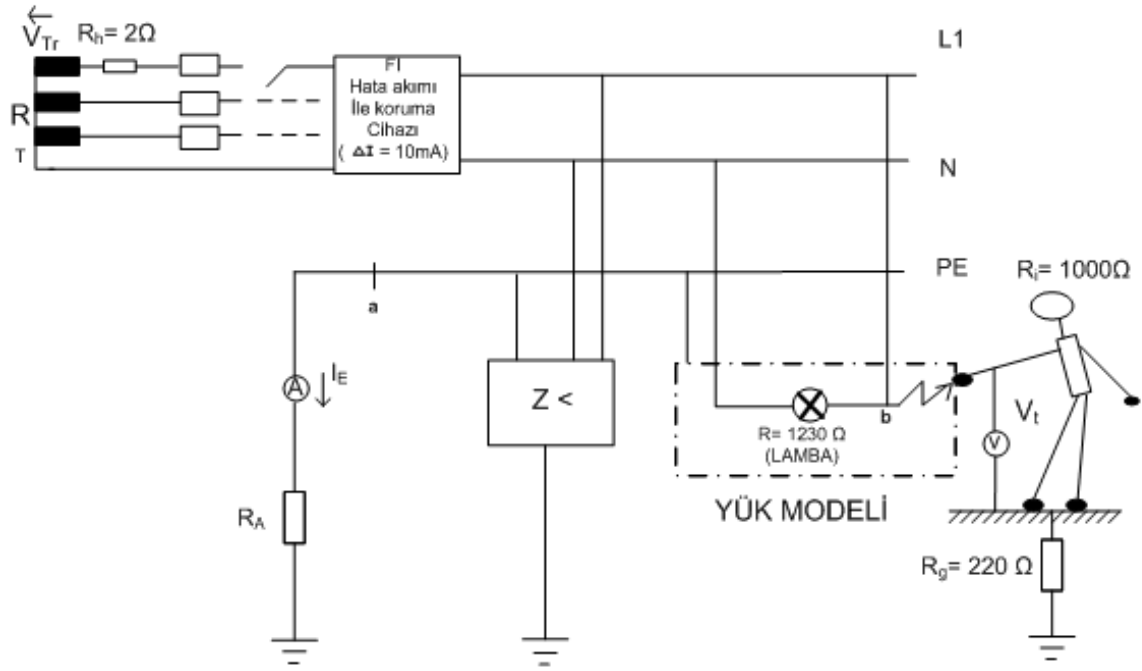
5.5.5.IT Tipi Topraklama Sistemli A.G Şebekesi

Deneyin Yapılışı

1. Şekil 4.19 da verilen deney devresini kurunuz. Bu devrede izolasyon kontrol cihazı (Z<) üzerindeki potansiyometreyi 20 k Ω ayarlayınız. Bu durumda devrenin herhangi bir yerinde toprağa kaçak olursa ve kaçak direnci ayarlanmış olan 20 k Ω ' un altında ise izolasyon kontrol cihazı üzerindeki kırmızı LED lamba yanacaktır. Devrede bir kaçak akım akarsa hata akımı ile koruma cihazı devreyi açar. Ancak transformatör nötr noktası topraktan yalıtıldığı için toprak kaçağı olsa bile transformatörün fazından toprağa bir akım akamaz, Bu nedenle de FI hat akımı ile koruma cihazı devreyi açamaz. Deneyde bu durum görülecektir.

2. R_A topraklama direnci ile lamba devresinden gövdeye kaçağı temsil eden b noktası ile gövde arasındaki $R_{\text{kaçak}}$ direncine tablodaki değerler verilerek, R_A üzerinden toprağa geçen I_g akımı ve insan üzerindeki temas gerilimini ölçünüz, (Z<) izolasyon kontrol cihazının devreyi açıp açmadığı kontrol ederek Tablo 4.3 ü doldurunuz.

3. Tablodaki son üç satırın doldurulması için a noktasından devre açıldı. Bu şartlar altında $R_{\text{kaçak}}$ direncine tablodaki değerler verilerek Tablo 4.3 tamamlandı.



Şekil 4.19 IT Tipi Topraklama Sistemi Deney Devresi

Tablo 4.3 IT Tipi Topraklama Sistemli A.G Şebekesi Deney Sonuçları

R_A (Ω)	b'de gövde teması $R_{\text{kaçak}}$ (Ω)	$Z < 20 \text{ k}\Omega$ (E/H)	F1 kaçak akım koruma cihazı devreyi açtı mı? (Evet/Hayır)	İnsan üzerindeki gerilim V_i (V)	Toprağa akan akım I_E (A)
0	Açık devre (∞)				
1000	2,2k				
1000	30k				
0	2,2k				
0	30k				
Koruma iletkeni PE, a'dan açılıyor	2,2k				
	30k				

Yıldız Teknik Üniversitesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü

Davutpaşa Kampüsü
Elektrik-Elektronik Fakültesi
Elektrik Tesisleri Laboratuvarı C Blok-B19
34220 Esenler / İstanbul