

Ek-1

**DEPREM ETKİSİ ALTINDA ELEKTRİK İLETİM SİSTEMLERİ VE
İLETİŞİM TESİSLERİ TASARIMI İÇİN ESASLAR**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM A – TRAFİK MERKEZİ ELEKTRİKSEL CİHAZLARIN DEPREM GÜVENLİĞİ

A.1 – GENEL HÜKÜMLER

- A.1.1 Amaç ve Kapsam
- A.1.2 Genel İlkeler
- A.1.3 Tanımlar
- A.1.4 Terimler: Elektrik Cihazları ve İngilizce Karşılıkları

A.2 – DEPREM ETKİSİ

- A.2.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri
- A.2.2 Deprem Yer Hareketi Spektrumları
- A.2.3 Deprem Yer Hareketi Kayıtları

A.3 – ELEKTRİK CİHAZLARI İÇİN DEPREM YETERLİLİK DÜZEYLERİ

- A.3.1 Gerekli Olan Deprem Yeterlilik Düzeylerinin Belirlenmesi
- A.3.2 Elektrik Cihazları Deprem Yeterlilik Düzeyleri

A.4 – YETERLİLİK DÜZEYLERİNİ BELİRLEME YÖNTEMLERİ

- A.4.1 Deneyel Yöntemler
- A.4.2 Hesap Yöntemleri

A.5 – DEPREM TASARIMI VE DEPREM YETERLİLİĞİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN GENEL UYGULAMA ÖZETİ

A.6 – ELEKTRİK CİHAZLARI İÇİN YETERLİLİK ÖLÇÜTLERİ

- A.6.1 Genel Yeterlilik Ölçütleri
- A.6.2 Özel Yeterlilik Ölçütleri

A.7 – ELEKTRİKSEL CİHAZIN SAHADA YERLEŞTİRİLMESİ

- A.7.1 Asılı Cihazın Yerleştirilmesi
- A.7.2 İletkenle Birbirine Bağlı Elektriksel Cihazların Etkileşimi
- A.7.3 Elektriksel Cihaza Ait Destek Sistemleri
- A.7.4 Elektriksel Cihazın Mesnet Ankrajı
- A.7.5 Taban Yatıtımı

BÖLÜM B – TRAFİK MERKEZİNDE BULUNAN YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREM TASARIMI

B.1 – GENEL HÜKÜMLER

- B.1.1 Amaç ve Kapsam
- B.1.2 Genel İlkeler

B.2 – DEPREM ETKİSİ

B.3 – HİZMET BİNALARININ DEPREM TASARIMI

B.4 – ÇELİK YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREM TASARIMI

- B.4.1 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
- B.4.2 İki Doğrultudaki Yatay Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi
- B.4.3 Yatay Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi
- B.4.4 Çelik Yapıların Tasarımı
- B.4.5 Çelik Destek Yapılarının Tasarımı

B.5 – TEMELLER VE DAYANMA YAPILARI

B.6 – PROJE HESAP RAPORU VE UYGULAMA PROJELERİNE İLİŞKİN KURALLAR

BÖLÜM C – İLETİM VE İLETİŞİM (TELEKOMÜNİKASYON) DİREKLERİNİN DEPREM TASARIMI

C.1 – GENEL HÜKÜMLER

- C.1.1 Amaç ve Kapsam
- C.1.2 Genel İlkeler

C.2 – DEPREM ETKİSİ

C.3 – DEPREM HESABINA KARAR VERİLMESİ

C.4 – EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ

- C.4.1 Direğin Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi
- C.4.2 Eşdeğer Kütlelere Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi
- C.4.3 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Deprem Etkilerinin Hesaplanması
- C.4.4 Yatay Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi
- C.4.5 Yatay Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

C.5 – İLETİM VE İLETİŞİM (TELEKOMÜNİKASYON) DİREKLERİNİN DEPREM TASARIMI

C.6 – PROJE HESAP RAPORU VE UYGULAMA PROJELERİNE İLİŞKİN KURALLAR

BÖLÜM D – ELEKTRONİK HABERLEŞME VE BİLGİ SİSTEMLERİ BİNALARININ DEPREM TASARIMI

D.1 – GENEL İLKELER

D.2 – DEPREM ETKİSİ

D.3 – DEPREM TASARIMI ESASLARI

BÖLÜM E – ELEKTRİKSEL CİHAZLARIN DEPREM YETERLİLİK RAPORLARININ ONAYLANMASI

BÖLÜM A – TRAFİKO MERKEZİ ELEKTRİKSEL CİHAZLARIN DEPREM GÜVENLİĞİ

A.1 – GENEL HÜKÜMLER

A.1.1 Amaç ve Kapsam

Bu Yönetmeliğin bu bölümünde elektrik iletim sistemleri kapsamında olan trafo merkezlerinin elektriksel cihazlarının deprem güvenliği, performansa dayalı ilkeler doğrultusunda değerlendirilmektedir.

Bu Yönetmeliğin temel amacı, trafo merkezlerinde bulunan elektriksel cihazların trafo sahasını etkileyecek depremlerden en az düzeyde etkilenmesini ve deprem sonrası işlevini sürdürmesini sağlamaktır. Bu Yönetmelik kapsamında bu amaçla elektriksel cihazların deprem güvenliğinin standart ve tutarlı bir yeterlilik sistemi ile belirlenmesini sağlamaya yönelik değerlendirme yöntemleri verilmektedir. Standart değerlendirme yöntemlerinin uygulanması ile aynı zamanda yeterlilik maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir.

Bu Yönetmelik yeni yapılacak trafo merkezleri ile mevcut merkezlere yapılacak eklemelerde sadece yeni alınacak cihazlar ve yapılacak cihaz mesnetleri ve temellerini kapsamaktadır. Mevcut sisteme uygun olacak şekilde imalatı yapılan çelik pylon-kiriş konstrüksiyonları kapsamamaktadır. Mevcut trafo merkezlerinde bulunan elektriksel cihazların deprem güvenliğinin artırılması amacıyla yapılacak güçlendirmeler bu Yönetmelik kapsamı dışındadır.

Bu Bölüm kapsamında ele alınan trafo merkezleri elektriksel cihazları, Bölüm A.6.2'de adı geçen birimleri kapsamaktadır.

Ülkemizdeki trafo merkezlerine yerleştirilecek tüm elektriksel cihazlar, bu Yönetmelikte belirtilen ilgili deprem yeterlilik düzeylerini sağlamak zorundadır.

A.1.2 Genel İlkeler

Trafo merkezi kapsamında yer alan her elektriksel cihazın standart ve uygulanabilir deprem tasarım ilkelerine sahip olması gerekmektedir. Bu tasarım ilkeleri içerisindeki ana başlıklar; deprem etkisinin tanımlanması, elektrik cihazlarının performans düzeylerinin belirlenmesi, elektrik cihazlarının yeterli düzeylerinin belirlenmesi ve bu amaç için kullanılması gereken deneysel ve hesap yöntemleridir.

Herhangi bir elektriksel cihazın söz konusu yeterlik düzeyini bir kez sağlaması yeterlidir. Ancak bir cihazda yapılmış olan değerlendirme sonrasında deprem performansını doğrudan etkileyen değişiklikler yapılmışsa, bu cihazın deprem yeterliliğinin tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir.

Daha önce başka standartlar ya da yönetmelikler kapsamında (IEEE 693, IEC, GB 50260, JEAG 5003, vb.) yeterlilik almış bir elektriksel cihaz bu Yönetmelik kapsamındaki tüm ölçütleri sağlıyorsa yeterlik düzeyinin bir kez daha irdelenmesi gerekmez.

Yapısal açıdan birbirine çok benzeyen aynı tip elektriksel cihazların oluşturduğu grup içerisinde deprem etkisi açısından en kritik olan cihazın değerlendirilmesi yeterli olacaktır. Eğer seçilen cihaz deprem yeterliliğini sağlarsa, aynı gruptaki diğer cihazların da deprem yeterliliğini sağladıkları kabul edilecektir.

A.1.3 Tanımlar

Bu kısım, bu Yönetmelik kapsamında kullanılmış olan ve trafo merkezlerinin elektriksel cihazlarının ve bu cihazların deprem yeterliliğinin belirlenmesi amacıyla kullanılan yöntemlere ait ifadelerin ve kavramların tanımlarını içermektedir.

Alçak gerilim (AG): 1 volt ile 1 000 volt (1kV) arası gerilim.

Orta gerilim (OG): 1 kV ile 36 kV arası gerilim.

Yüksek gerilim (YG): 36 kV ile 170 kV arası gerilim.

Çok yüksek gerilim (ÇYG): 170 kV'nin üzeri gerilim.

İki eksenli deprem etkisi: Deprem etkisinin deneylerde bir yatay ve düşey yönde uygulanması.

Üç eksenli deprem etkisi: Deprem etkisinin deney veya hesaplarda birbirine dik iki yatay ve düşey yönde uygulanması.

Gevrek malzeme: Göçme öncesi birim şekildeğiştirme miktarı 0.02'yi aşmayan malzeme.

Sünek malzeme: Göçme öncesi belirgin plastik şekildeğiştirme yapabilen malzeme.

Kompozit malzeme: İzolatörlerde kullanılan polimer dolgulu fiber bileşenler.

İlk destek (cihaz mesneti): Bir elektriksel cihazın yer üstündeki esas desteği. Cihaz kendi başına kurulu ise ilk destek kendi yapısal sistemi ve bağlantısıdır. Başka bir cihaz veya yapısal sistem üzerine kurulu ise ilk destek bu cihaz veya yapı ile onların bağlantılarıdır.

g: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²).

Yer ivmesi: Deprem sırasında yerin bir noktasındaki ivmenin belirli bir zamandaki değeri.

Maksimum yer ivmesi (PGA): Yer ivmesinin en yüksek değeri. Bu değer tepki spektrumunda sıfır titreşim periyodundaki değerdir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde 0.4S_{DS} g olarak tanımlanmaktadır.

Yük aktarma hattı: Cihaza etkiyen kuvvetlerin cihaz boyunca etki noktasından cihaz bağlantısına kadar izledikleri aktarım hattı.

Rezonans frekansı: Zorlanmış harmonik titreşim yapan bir sistemde en yüksek tepki genliğinin olduğu frekans. Bu frekansta tepki ile etki arasındaki faz farkı 90 derece olmaktadır.

Tepki spektrumu: Aynı deprem yer hareketi etkisi altındaki tek dereceli yapısal sistemlerin maksimum tepkilerinin sistem periyodu ile değişimini ifade eden grafiksel eğri.

Esnek cihaz: Rezonans frekansı 33 Hz'den düşük olan cihaz.

Rijit cihaz: Rezonans frekansı 33 Hz'den yüksek olan cihaz.

A.1.4 Terimler: Elektrik Cihazları ve İngilizce Karşılıkları

Akım transformatörü: Current transformer

Asılı cihaz: Suspended equipment

Ayırıcı: Disconnect switch/Disconnecter

Bara: Busbar

Bara ağı (sistemi): Buswork

Boru (rijit) bara: Rigid bus

Buşing: Bushing

Conta: Gasket

Devre anahtarı: Circuit switch

Kesici: Circuit breaker

Gaz yalıtımlı şalt donanımı: Gas insulated switchgear (GIS)

Gerilim barası: Strain bus

Gerilim transformatörü: Voltage transformer

Hat sonu yapısı: Dead-end structure

Hava yalıtımlı reaktör: Air core reactor

İletken: Conductor

Kablo başlığı: Cable terminator (pothead)

Metal mahfazalı anahtarlama ve kontrol düzenleri: Metalclad switchgear

Ölçü transformatörü: Instrument transformer

Paratoner: Lightning arrester

Parafudur: Surge arrester

Röle: Relay

Şalt sahası: Switchyard

Şalt donanımı: Switchgear

Trafo merkezi: Substation

İzolatör: Insulator

A.2 – DEPREM ETKİSİ

A.2.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

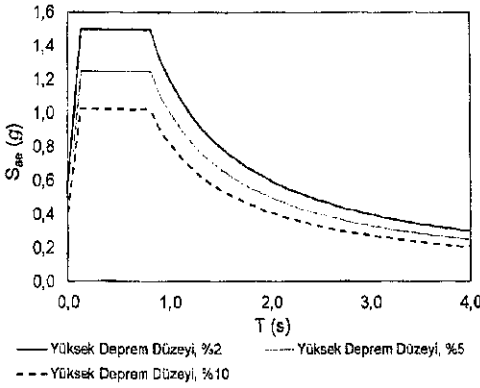
Deprem etkisi iki farklı deprem yer hareketi düzeyi için tanımlanmıştır. Bunlar yüksek ve orta deprem düzeyleridir. Deprem düzeyi, yatay yöndeki maksimum yer ivmesi (PGA) ile belirlenmektedir. Yüksek deprem düzeyine ait $PGA = 0.5g$, orta deprem düzeyine ait $PGA = 0.25g$ olarak tanımlanmıştır. PGA, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 2'de $0.4S_{DS}g$ olarak tanımlanmaktadır.

A.2.2 Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Yüksek ve orta deprem düzeylerine ait standart deprem spektrumları yüzde 2, 5 ve 10 sönüm oranları için aşağıda verilmektedir (bakınız **Şekil 1(a)** ve **Şekil 1(b)**). Şekilde verilen standart spektrumlar, sıkı ve orta sıkı zemin özelliklerini temsil etmektedir. Yüzde 2 sönüm oranı için yüksek ve orta deprem düzeylerine ait spektrum fonksiyonu tanımları **Şekil 1(a)** ve **Şekil 1(b)**'de spektrum grafiklerinin yanında gösterilmiştir. Yüzde 5 sönüm oranı için spektral değerler yüzde 2 sönüm oranı için elde edilen spektral değerlerin $5/6$ değeri ile çarpılması sonucunda elde edilmiştir. Yüzde 10 sönüm oranı için spektral değerler ise yüzde 2 sönüm oranı için elde edilen spektral değerlerin $2/3$ değeri ile çarpılması sonucunda elde edilmiştir.

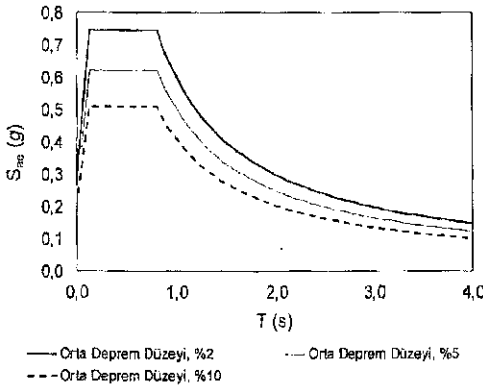
A.2.3 Deprem Yer Hareketi Kayıtları

Yüksek ve orta deprem düzeylerini temsil eden deprem yer hareketi kayıtları, **Şekil 1**'de yüzde 2 sönüm için verilen standart deprem spektrumlarından yararlanılarak zaman tanım alanında elde edilecektir. Deprem yer hareketlerinin tanımlanmasında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 2.5.3'de verilen *Spektral Uyuşum Yöntemi* kullanılacaktır. Elde edilecek deprem yer hareketlerinin kuvvetli kısmının süresi en az 20 saniye olacaktır. Kuvvetli kısmın süresi, ivme-zaman ilişkisinde ivmenin PGA değerinin %25'ine ilk ulaştığı zaman ile son ulaştığı zaman arasındaki farktır. Elde edilen deprem yer hareketi kayıtlarının spektral ivme genlikleri, periyot eksenini boyunca **Şekil 1**'deki standart spektral ivme değerlerinin %95'i ile %130'u arasında olmalıdır.



$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} (0.5 + 8T) & 0 < T \leq 0.125 \text{ s} \\ 1.5 & 0.125 < T \leq 0.8 \text{ s} \\ \frac{1.2}{T} & T > 0.8 \text{ s} \end{cases}$$

(a)



$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} (0.25 + 4T) & 0 < T \leq 0.125 \text{ s} \\ 0.75 & 0.125 < T \leq 0.8 \text{ s} \\ \frac{0.6}{T} & T > 0.8 \text{ sn.} \end{cases}$$

(b)

Şekil 1. (a) Yüksek deprem düzeyine ait standart spektrumlar ve %2 sönüm oranı için spektrum tanımı. (b) Orta deprem düzeyine ait standart spektrumlar ve %2 sönüm oranı için spektrum tanımı.

A.3 – ELEKTRİK CİHAZLARI İÇİN DEPREM YETERLİLİK DÜZEYLERİ

A.3.1 Gerekli Olan Deprem Yeterlilik Düzeylerinin Belirlenmesi

Elektrik cihazları için gerekli olan deprem yeterlilik düzeyleri, trafo sahasının deprem tehlikesine göre, yüksek, orta veya düşük olarak belirlenecektir. Gerekli olan deprem yeterlilik düzeyleri, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda tanımlanan 2475 yıllık S_{DS} değerlerine göre trafo sahaları için aşağıda sınıflanmıştır.

- $S_{DS} \geq 1.25$: Yüksek yeterlilik düzeyi
- $0.25 \leq S_{DS} < 1.25$: Orta yeterlilik düzeyi
- $S_{DS} < 0.25$: Düşük yeterlilik düzeyi

2475 yıllık S_{DS} değerlerinin Türkiye Deprem Tehlike Haritasından elde edilebilmesi için trafo sahasının coğrafi koordinatlarının ve zemin türünün belirlenmesi gerekmektedir. Zemin türü, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan yöntemlerle belirlenecektir.

Deprem yer hareketi düzeyinin belirlenmesinde kullanılacak S_{DS} değeri, Türkiye Deprem Tehlike Haritası (<https://tdth.afad.gov.tr/>) kullanılarak aşağıda verilen yöntemle tespit edilecektir:

- Trafo sahasının coğrafi koordinatları ile haritaya girecektir.
- Elektrik cihazları için yeterlilik düzeyini belirlemekte kullanmak üzere trafo sahasındaki deprem yer hareketi düzeyi olarak DD-1 seçilecektir.
- Yerel zemin sınıfı tanımlanacaktır.
- Raporlama tamamlanarak trafo sahasının S_{DS} değeri elde edilecektir.

A.3.2 Elektrik Cihazları Deprem Yeterlilik Düzeyleri

Elektrik cihazlarının deprem yeterlilik düzeyleri, yüksek, orta ve düşük olarak sınıflanır. Cihazların deprem yeterlilikleri, yüksek yeterlilik düzeyi için yüksek deprem düzeyindeki deprem etkisi altında, orta yeterlilik düzeyi için orta deprem düzeyindeki deprem etkisi altında belirlenir.

Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur. Ancak cihazın ankrajı için uyulması gereken basit kurallar vardır. Ankraj tasarımı cihazın kütle merkezine yatay yönde ağırlığın %20'si, düşey yönde ağırlığın %16'sı uygulanarak TS-500'e göre yapılacaktır. Uygulanan kuvvetlerinin cihaz mesnetine yük aktarma hattı boyunca basit bir yük aktarma mekanizması ile iletilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca birbiri ile bağlantılı cihazların bağlantı noktalarında yeterli miktarda gevşeklik ve esneklik bulunmalıdır.

A.4 – YETERLİLİK DÜZEYLERİNİ BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Yeterlilik düzeylerini belirlemek için hem deneysel yöntemler (Madde A.4.1), hem de hesap yöntemleri (Madde A.4.2) kullanılacaktır. Deneysel yöntemler sadece kritik öneme haiz cihazlar için uygulanmaktadır.

Gerek deneysel yöntemlerle gerekse hesap yöntemleriyle yeterlilik düzeyi belirlenecek olan cihaz servis koşullarında değerlendirilecektir. Servis koşulları cihazın dinamik davranışını etkileyebilecek işletme basıncını, cihazın bağlantılarını ve mesnet koşullarını içermektedir. Mesnet koşullarının deney düzeneğinde tam olarak oluşturulmasının mümkün olmadığı durumlarda mesnet yapısı geçerliliği hesapla kanıtlanan eşdeğer, ama daha basit bir sistemle temsil edilebilir.

Elektriksel cihazın yeterliliğinin deneysel yöntemler veya hesap yöntemleri ile değerlendirilmesi esnasında deprem etkisinin belirlenmesi için deprem spektrumları kullanılır (Bölüm A.2). Elde edilen spektral ivme değerleri, cihazın salınım periyodu ile sönüm oranına bağlıdır. Salınım periyodu 0.03 saniyeden düşük olan cihazlar için hesaplamalarda doğrudan maksimum yer ivmesi ($0.4S_{DS}$) değerleri kullanılacaktır.

Deneylerde ölçülen veya analiz ile hesaplanan kuvvetler ve gerilmeler deprem, sabit yük, basınç ve normal işletme yüklerinin etkilerini içermelidir. Yük birleşimleri, kullanılan yaklaşım (emniyet gerilmeleri yöntemi veya yük ve dayanım katsayıları yöntemi) çerçevesinde farklı şekilde ele alınacaktır. Emniyet gerilmeleri yöntemi için **Denklem 1.1** kullanılacaktır.

$$G + E_d^H + S \quad (1.1)$$

Denklem 1.1'de G sabit yükleri, E_d^H yatay deprem etkisini ve S servis yüklerini temsil etmektedir.

Yük ve dayanım katsayıları yöntemi için ise **Denklem 1.2** kullanılacaktır.

$$1.2 G + 1.4 E_d^H + S \quad (1.2)$$

Denklem 1'de yatay deprem etkisi E_d^H , deprem hesabı sonucunda yatayda birbirine dik X ve Y doğrultularında tanımlanan depremlerden oluşan deprem etkilerinin **Denklem 2'**ye göre birleştirilmesi ile elde edilecektir.

$$E_d^H = \pm E_d^X \pm 0.3 E_d^Y \quad (2.1)$$

$$E_d^H = \pm 0.3 E_d^X \pm E_d^Y \quad (2.2)$$

Burada E_d^X ve E_d^Y yapının herhangi bir kesitinde veya elemanında sırasıyla X ve Y doğrultularındaki tasarım depremleri altında hesaplanmış deprem etkileridir (iç kuvvet ve şekil değiştirme talepleri). E_d^H ise doğrultu birleştirilmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisidir. Dolayısıyla **Denklem 2**, yapı analizinde 8 farklı yükleme durumunu ifade etmektedir.

Emniyet gerilmeleri yönteminin kullanılması durumunda, emniyetli değerler 1.8 katsayısı ile çarpılacaktır. Yük ve dayanım katsayıları yöntemi kullanılması durumunda ise bu katsayı 1.0 olarak alınacaktır.

Gerek deneysel yöntemlerle gerekse hesap yöntemleriyle yeterlilik düzeyi belirlenirken uygulanacak olan en son adım, elde edilen kuvvet/gerilme değerleri ile güvenli kuvvet/gerilme değerlerinin karşılaştırılması olacaktır. Elde edilen değerler, izin verilen değerleri geçemez. İzin verilen değerler elde edilirken aşağıdaki hususlar dikkate alınacaktır:

- Porselen malzeme için; kuvvet/gerilme değerleri, mekanik yükleme testleri sonucunda belirlenmiş nihai kuvvet/gerilme değerlerinin %50'sini geçemez.
- Kompozit malzeme için; izolatörler söz konusu olduğunda, kuvvet/gerilme değerleri beyan edilen mekanik yük (SML) altında elde edilen değerlerin %50'sini geçemez. Kompozit buşing izolatörlerine sarsma tablası deneyi veya dinamik analiz uygulanması durumunda, cihazın tepe noktasındaki maksimum yerdeğiştirmeler voltaj seviyelerine göre belirlenecektir. Buna göre maksimum yerdeğiştirme; 36 kV ile 170 kV arasındaki cihazlar için 20 santimetre, 170 kV üzerindeki cihazlar için 30 santimetre olarak alınacaktır. Bu yerdeğiştirmelere temel veya destekleyici sistemin ötelemeleri veya dönmeleri dâhil değildir.
- Çelik malzeme için; TS648 ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelikte verilen değerler kullanılacaktır.
- Alüminyum malzeme için; TS EN 755-1, 755-2 ve diğer ilgili standartlarda verilen değerler kullanılacaktır.

e) Diğer malzemeler için; eğer malzeme gevrekse, elde edilen gerilme değerleri mekanik yükleme testleri sonucunda elde edilmiş nihai gerilme değerlerinin %50'sini geçemez. Eğer malzeme sünek ise, elde edilen gerilme değerleri akma gerilme değerlerinin %50'sini geçemez. Bu durumda burkulumya karşı güvenlik faktörü 1.7 olarak alınacaktır.

Yeterliliğin belirlenmesi aşamasında cihaz özellikleri dikkate alınmalıdır. Daha uzun, daha ağır ve yüksek gerilim seviyesine sahip cihazlar deprem esnasında daha kritik kuvvetlere ve yerdeğiştirmelere maruz kalırlar. Bu nedenle, bu tip cihazlar için basit değerlendirme yöntemleri kullanılamaz.

Bir cihazın deprem esnasında ve sonrasında işlevselliğini koruması, cihazın sistem içindeki görece önemi ve kabul edilen risk seviyesi ile doğrudan bağlantılıdır. Bu husus, tüm elektrikli cihazlar için ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Bölüm A.6).

A.4.1 Deneysel Yöntemler

Cihaz yeterliliğinin belirlenmesi için dört farklı deneysel yöntem kullanılacaktır. Bu yöntemler; rezonans frekansı tarama testi, vurulu harmonik sarsma testi, sarsma tablası deprem testi ve

statik çekme testidir. Statik çekme testi dışındaki ilk üç test deprem laboratuvarlarında sarsma tablası üzerinde uygulanacaktır.

Cihazların mesnetlerle birlikte test edilemediği durumlarda cihaz mesnetlerinin cihazlarla birlikte sonlu eleman modelleri hazırlanarak belirtilen ivme spektrumları altında dinamik davranışları hesaplanacaktır. Deprem hesapları neticesinde tabandaki yer hareketinin mesnet yapısının cihaza bağlantı bölgesindeki ivmeleri ne oranda arttırdığı belirlenecektir. Cihazların sarsma tablası testlerinde kullanılacak yer hareketleri bu oranda artırılarak uygulanacaktır. Mesnet yapısının ivmeleri azaltma durumu dikkate alınmayacaktır.

DeneySEL yöntemlerin uygulandığı cihazların son bağlantı noktalarına 170-380 kV arası için 7 kg sabit kütle eklenmelidir. Bu kütleler cihaza birlikte hareket eden iletken bağlantılarını temsil etmektedir.

A.4.1.1 Rezonans Frekansı Tarama Testi

Rezonans frekans tarama testi, başlı başına bir yeterlilik testi olarak kabul edilmez. Bu test sadece cihazın titreşim frekansının (ve sönüm oranının) hesaplanması için sarsma tablası testi öncesi ve/veya sonrası yapılacaktır.

Sarsma tablası üzerinde yapılan testte cihaza harmonik taban hareketi uygulanır. Taban hareketinin harmonik frekansı, cihazın beklenen rezonans frekansının artı/eksi en az 1 Hz aralığında 0.1 Hz aralıklarla değiştirilerek cihazın rezonansa ulaşması sağlanır. Harmonik taban hareketinin genliği 0.1g olacaktır. 33 Hz üzerinde frekans taraması yapmak gerekli değildir.

Elde edilen frekans tarama verileri kullanılarak cihazın sönüm oranı hesaplanır. Cihazın genlik-frekans (veya periyot) ilişkisi genlik spektrumu olarak elde edilir. Bu eğriden yararlanılarak rezonans genliğindeki değerin yarısındaki spektrum bant genişliği kullanılarak cihazın sönüm oranı hesaplanır.

Eğer cihazın titreşimsel frekansında deney öncesine göre %20'nin üzerinde bir değişim varsa, cihazın uğradığı hasar detaylı olarak incelenecektir. Ancak tek başına bu durum cihazın yeterlilik testinde başarısız olarak değerlendirilmesine yol açmaz.

A.4.1.2 Vurulu Harmonik Sarsma Testi

Vurulu harmonik sarsma testi, cihaz rezonans frekansının daha düşük frekanslarla değiştirilmesinden oluşan sinüs darbeleri altında sarsma tablasında gerçekleştirilir. Test iki aşamada uygulanır. İlk aşamada Bölüm A.4.1.1'de verilen rezonans frekansı tarama testi uygulanarak test edilen cihazın rezonans frekansı bulunur. İkinci aşamada cihazın rezonans frekansındaki harmonik hareketin daha düşük frekanstaki bir harmonik hareket ile modülasyonu sonucunda vurulu harmonik hareket elde edilerek cihaza uygulanır. Elde edilen yer hareketinde en az 10 adet rezonans vurusu bulunmalıdır. Yer hareketinin maksimum genliği yüksek yeterlilik düzeyi için 0.50g, orta yeterlilik düzeyi için 0.25g olacaktır.

Vurulu harmonik sarsma testi her iki yatay ve düşey yönde ayrı ayrı uygulanır. Yatay yöndeki testlerde yatay hareket ile aynı fazda düşey yönde vurulu hareket de uygulanır. Düşey yöndeki hareketin maksimum genliği, maksimum yatay hareket genliğinin %80'i kadar olacaktır. Düşey yöndeki testte ise sadece düşey yön rezonans frekansı için elde edilen vurulu hareket uygulanır, ancak maksimum düşey genlik ilgili yeterlilik düzeyi genliğinin %80'ine eşit olacaktır.

A.4.1.3 Sarsma Tablası Deprem Testi

Sarsma tablası deprem testi, cihaz deprem performansının dinamik olarak ölçülmesi ve yeterliliğinin belirlenmesi için uygulanır. Sarsma tablası testinde kullanılacak yer hareketi kayıtları, hedeflenen yeterlilik düzeyi için tanımlanmış %2 sönümlü ivme spektrumu ile uyumlu olarak Bölüm A.2.3'e göre üretilecektir. Deney sırasında tabla üzerinde ölçülen hareketin

ivme spektrumunun cihazın doğal titreşim (rezonans) frekansındaki değeri, hedef ivme spektrumundaki aynı değerin %12'sinden daha farklı olmayacaktır.

Sarsma tablası testinde deprem yer hareketi üç eksenli olarak uygulanacaktır. Düşey yönde uygulanacak taban ivmesi, yatay yönde türetilen taban ivmesi kaydının 0.8 ile ölçeklenmesi ile elde edilecektir. İki yatay yöndeki etkileşimin belirgin olmadığına ispatlanması durumunda sarsma tablası testi bir yatay ve düşey taban ivme bileşeni uygulanarak da yapılabilir. Bu durumda deprem testi her iki yatay yönde bağımsız olarak uygulanacak veya deney cihazı yatay asal eksenine göre 45 derece döndürülerek sarsma tablasına yerleştirilecek ve yatay ivme kaydı 1.4 ile ölçeklenerek arttırılacaktır.

Elektriksel cihaz ile sarsma tablası arasındaki bağlantı gerçek saha koşullarını temsil etmelidir. Deneyler esnasında ankraj bölgelerinde oluşan gerilmeler ölçülmelidir.

Sarsma tablası deneyi öncesinde elektriksel cihaz üzerine yerleştirilecek olan ölçme cihazlarının, deprem etkisinin en kritik olduğu bölgelere yerleştirilmesine dikkat edilmelidir. Ayrıca mesnetlerdeki kuvvetlerin teyit edilmesi için cihazın kütle merkezine veya merkeze çok yakın bir bölgeye ivme ölçer cihazı yerleştirilmesi gereklidir.

A.4.1.4 Statik Çekme Testi

Statik çekme testinde, cihazın tepe noktasına kritik doğrultuda cihaz ağırlığının iki katına karşılık gelen bir çekme yükü bir dakika boyunca uygulanır. Yağ dolgulu contalı cihazlara deney sırasında işletme basıncının %50'si uygulanır.

A.4.1.5 Kompozit İzolatör ve Buşing Testleri

Kompozit malzeme ile üretilen izolatörler ve buşinglerin deprem yeterliliğinin belirlenmesi için burada tanımlanan ilave testler uygulanacaktır.

Düşey tekil konsol kolon olarak düzenlenen kompozit izolatörler ve buşingler, üst üste dizilmiş cihazları da kapsamaktadır. Sarsma tablası testinin öncesinde ve sonrasında cihazın mekanik tasarım yükünün %50'si kolonun tepesine her iki yatay yöne uygulanacaktır. Kolonun tepesi ve sabit mesneti arasındaki yatay yerdeğiştirmeler ölçülecektir. Bu yerdeğiştirmeler cihazın yeterliliğinin belirlenmesinde kullanılacaktır.

Sönüm ölçümü için cihazın mekanik tasarım yükünün %25'i kolonun tepesine her iki yatay yöne bir kablo vasıtasıyla uygulanacaktır. Kablo aniden kesilerek cihazın serbest titreşim hareketi yapması sağlanacaktır. Serbest titreşim sırasındaki harmonik yerdeğiştirmeler cihazın tepesinde ölçülecektir. Logaritmik azalım yöntemi ile kolonun sönüm oranı hesaplanacaktır.

A.4.2 Hesap Yöntemleri

Cihaz yeterliliğinin belirlenmesi için farklı hesap yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler; basit kontrol yöntemi, statik hesap yöntemi, statik katsayı yöntemi ve dinamik hesap yöntemidir. Tüm hesap yöntemlerinde yatay deprem yükleri düşey yükler ve servis yükleri ile birleştirilerek uygulanır. Yapılan analitik hesaplar, cihazdan temel bağlantısına kadar yük aktarımını vermelidir.

A.4.2.1 Basit Kontrol Yöntemi

Basit kontrol yönteminde cihaz ankrajı, cihazın ağırlığına eşit yatay yük ve ağırlığın %80'i kadar düşey yük altında hesapla kontrol edilir. Başka bir hesaba gerek yoktur.

A.4.2.2 Statik Hesap Yöntemi

Statik Hesap Yöntemi, tüm titreşim frekansları 33 Hz'in üzerinde olan rijit cihazlara uygulanır. Bu yöntemde, cihaz kütlesi ile maksimum yer ivmesinin saha değeri çarpımı kadar kuvvet cihaz kütle merkezine iki yatay ve bir düşey olmak üzere üç yönde eş zamanlı olarak uygulanır. Hesap edilecek cihaz, kütle dağılımının daha iyi temsil edilebilmesi için küçük parçalara ayrılarak

incelenecektir. Yatay yer ivmesinin saha değeri yüksek yeterlilik düzeyi için 0.5g, orta yeterlilik düzeyi için 0.25g alınacaktır. Düşey yer ivmesinin saha değeri ise yüksek yeterlilik düzeyi için 0.4g, orta yeterlilik düzeyi için 0.2g alınacaktır. İki yatay yön ve düşey yöndeki deprem kuvvetleri altında yapılan analizlerden elde edilen iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler SRSS (karelerin toplamının kare kökü) birleşimi ile hesaplanacaktır. Sabit yükler ve servis yükleri altında hesaplanan iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler deprem hesabından elde edilen değerlere eklenecektir. Son olarak, elde edilen değerler, izin verilen emniyetli değerlerle karşılaştırılacaktır.

Statik Hesap Yönteminde, cihaz için ayrıntılı serbest cisim diyagramları çizilecektir. Eğer cihaz parçalara bölünmüş ise her bir parça için ayrı ayrı serbest cisim diyagramı çizilecektir. Diyagramlarda, etkiyen kuvvetler ve ortaya çıkan tepkiler serbest uçtan başlayarak cihazın temeline kadar yük akış yönünü takip edecektir.

A.4.2.3 Statik Katsayı Yöntemi

Bu yöntemde, cihaz kütlesi ile %2 sönümlü deprem spektrumundaki en yüksek spektral ivmenin (yatay plato) çarpımı kadar kuvvet cihaz kütle merkezine her iki yatay yönde uygulanacaktır. Eğer deneyle kanıtlanabilirse daha yüksek sönüm oranları kullanılabilir. Hesabı yapılacak cihaz, kütle dağılımının daha iyi temsil edilebilmesi için küçük parçalara ayrılıp incelenecektir. Yüksek ve orta yeterlilik düzeyleri için spektral ivmeler **Şekil 1**'den alınacaktır. Yatay kuvvetin %80'i kadar düşey kuvvet de cihazın kütle merkezine uygulanacaktır. Her üç analizden elde edilen iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler SRSS (karelerin toplamının kare kökü) birleşimi ile hesaplanacaktır. Sabit yükler ve servis yükleri altında hesaplanan iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler deprem hesabından elde edilen değerlere eklenecektir. Son olarak, elde edilen değerler, izin verilen emniyetli değerlerle karşılaştırılacaktır.

A.4.2.4 Dinamik Hesap Yöntemi

Dinamik hesap yönteminde öncelikle cihazın 3-boyutlu sonlu eleman modeli hazırlanacaktır. Model, cihazın dinamik davranışını temsil edecek yeterli sayıda serbestlik derecesine sahip olmalıdır. Her düğüm noktasında 3 yer değiştirme ve 3 dönme bileşeni olmalıdır.

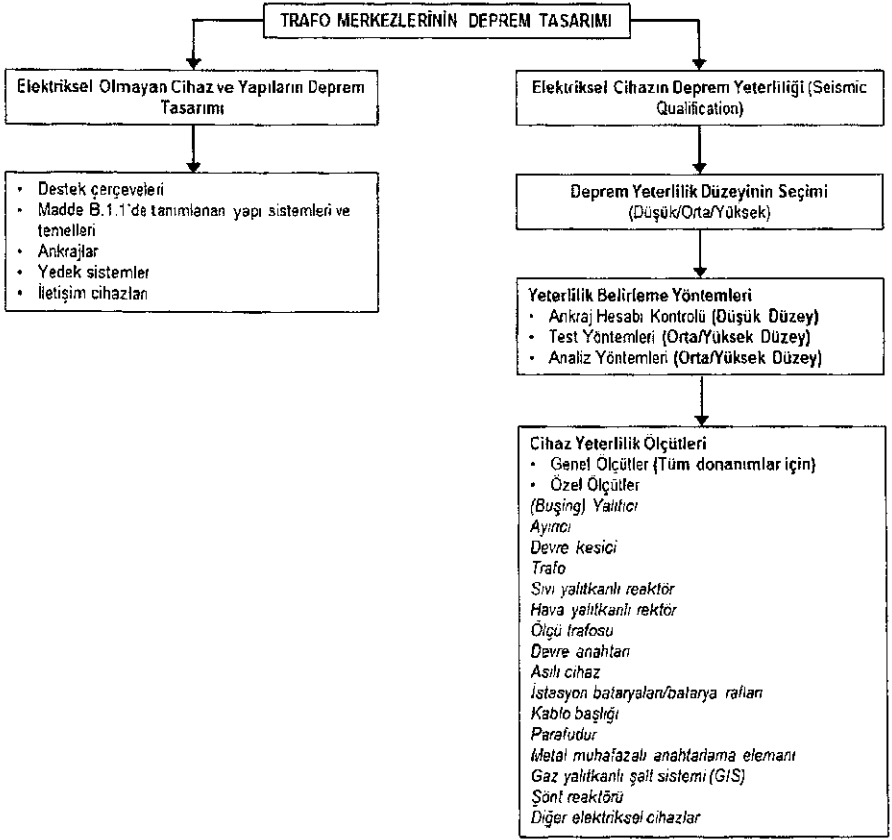
Daha sonra sonlu elemanlar modeline iki yatay ve düşey yönlerde %2 sönümlü ivme spektrumu uygulanarak mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı yapılacaktır. Eğer deneyle kanıtlanabilirse daha yüksek sönüm oranları da kullanılabilir. Yüksek ve orta yeterlilik düzeyleri için yatay yöndeki spektral ivmeler **Şekil 1**'den alınacaktır. Düşey yöndeki ivme spektrumu ise yatay spektrumun 0.8 ile ölçeklenmesiyle elde edilecektir.

Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen modal iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler tam karesel birleştirme (CQC) yöntemi ile birleştirilecektir. Sabit yükler ve servis yükleri altında hesaplanan iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler deprem hesabından elde edilen değerlere eklenecektir.

Mod birleştirme yönteminin uygulanmasında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 4.8, EK 4B.2'de verilen kurallar dikkate alınacaktır. Hesapta göz önüne alınacak yeterli mod sayısı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Madde 4.8.1.2'ye göre belirlenecektir. Ancak bu maddede yer alan "bina toplam kütlesi" yerine "cihaz toplam kütlesi" kullanılacaktır.

A.5 – DEPREM TASARIMI VE DEPREM YETERLİLİĞİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN GENEL UYGULAMA ÖZETİ

Bu Yönetmelik kapsamında trafo merkezlerinde uygulanacak deprem tasarımı ve deprem yeterliliği değerlendirme yöntemlerinin uygulamaları aşağıdaki şemalarda özetlenmektedir (Şekil 2-3).



Şekil 2. Trafo merkezlerinde uygulanacak deprem tasarımı yönteminin şeması

Elektrik Cihazı Yeterlilik Değerlendirmesi			
<i>Trafo Sahası Deprem Tehlikesi</i>	<i>Cihaz Deprem Değerlendirme Düzeyi</i>	<i>Hedef Yeterlilik Şiddet Düzeyi</i>	<i>Yeterlilik Değerlendirme Yöntemi</i>
S _{DS} < 0.25	Düşük	S _{DS} = 0.25	Ankraj tasarım kontrolü
0.25 ≤ S _{DS} < 1.25	Orta	S _{DS} = 0.625	Analiz veya test
S _{DS} ≥ 1.25	Yüksek	S _{DS} = 1.25	Analiz veya test

Yeterlilik Düzeylerini Belirleme Yöntemleri	
<i>Test Yöntemleri</i>	<i>Analiz Yöntemleri</i>
Rezonans Tarama Testi	Basit Kontrol Yöntemi (ankraj için)
Sarsma Tablası: Deprem Yer Hareketi	Statik Analiz (eşdeğer yatay yük ile)
Sarsma Tablası: Darbeli Harmonik Hareket	Statik Katsayı Yöntemi (spektral yatay yük ile)
Statik Çekme Testi	Dinamik Analiz (modal spektrum analizi)

Performans Hedefi
Söz konusu cihaz için hedef deprem şiddeti altında hasarsızlık, elektriksel fonksiyonların deprem sonrası kesintiye uğramaması

Şekil 3. Trafo merkezlerindeki elektrik cihazlarının deprem yeterliliğinin belirlenmesinde kullanılacak yönteminin esasları

A.6 – ELEKTRİK CİHAZLARI İÇİN YETERLİLİK ÖLÇÜTLERİ

Elektriksel cihazlar için genel ve özel yeterlilik ölçütleri belirlenmelidir. Genel yeterlilik ölçütleri her cihaz için geçerlidir. Özel yeterlilik ölçütleri ise cihazın yapısı, önemi, fonksiyonu gibi parametrelere bağlı olarak değişkenlik gösterirler ve genel ölçütlere ek olarak sağlanması gereken koşulları temsil eder.

A.6.1 Genel Yeterlilik Ölçütleri

Elektrik cihazı yeterlilik ölçütlerinin belirlenmesinde üç kriter öncelikle dikkate alınmıştır. Bu kriterler; ilgili cihazın voltaj seviyesi, geçmişteki deprem performansı ve trafo sahasındaki işlevinin önemidir. Cihazın voltaj seviyesi arttıkça depremde hasar görme riski artmaktadır. Bu nedenle voltaj seviyesi arttıkça yeterlilik ölçütlerinin seviyesi de artmaktadır. Bunun yanı sıra bazı cihazların geçmiş depremlerde çok fazla hasar gördüğü gözlenmiştir (özellikle ayırıcı türü düşük konsol olarak çalışan cihazlar). Diğer yandan işlevsel olarak diğerlerine göre kritik öneme sahip cihazların hasar görme riskinin de daha az olması gerekir. Bu özelliklere sahip cihazlar için de daha yüksek yeterlilik ölçütleri uygulanmaktadır.

Deney veya analiz esnasında iki yatay bir düzeye yönden gelen deprem etkilerinin birleştirilmesi için SRSS (karelerin toplamının kare kökü) yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem sayesinde elde edilen nihai değerler, cihaz açısından en kritik gerilmelerin oluştuğu doğrultuda hesaplanacaktır.

Genel olarak deneylerde ölçülen veya analizlerde hesaplanan gerilmelerin, ilgili malzemenin izin verilen gerilmelerini aşmaması gerekir. Gerilmeler hesaplanırken deprem etkisinin yanı sıra sabit yük ile basınç ve servis yüklerinden gelen etkiler de dikkate alınacaktır. Ayrıca izolatör ve buşinglerin ölçülen/hesaplanan görelî tepe ötelenmeleri voltaj seviyelerine göre belirtilmiş olan sınır değerlerden daha düşük olmalıdır. Cihazın yeterliliğinin sarsma tablası deprem testleri ile belirlenmesi durumunda cihaz veya cihaz mesnetinde çatılma, burkulma, kopma, kalıcı gevşeme vb. hasarlar olmamalıdır. Cihazın deprem sonrası fonksiyonelliği, sarsma tablası deneylerinden sonra uygulanacak fonksiyonellik testleri ile belirlenmelidir. Contalı cihazlarda contadan herhangi bir sızma veya contanın yerinden oynaması gözlenmemelidir.

A.6.2 Özel Yeterlilik Ölçütleri

Bölüm A.6.1’de verilen genel yeterlilik ölçütleri her cihaz için geçerlidir. Ancak bazı cihazların kendine has özelliklerine göre ek olarak sağlanması gereken özel yeterlilik kriterleri vardır. Bu kriterler izolatörler, ayırıcılar, kesiciler, transformatörler, sıvı yalıtkanlı reaktörler, hava yalıtkanlı reaktörler, ölçü transformatörleri, devre anahtarları, asılı cihazlar, istasyon bataryaları ve batarya rafları, kablo başlıkları, parafudurlar ve metal mahfazalı anahtarlama ve kontrol düzenleri, gaz yalıtımlı şalt donanımları (GIS), şönt reaktörleri ve diğer elektriksel cihazlar için aşağıdaki bölümlerde ayrı olarak tarif edilmektedir.

A.6.2.1 Buşing

Elektrik iletim sistemlerinde kullanılan buşingler malzeme özellikleri açısından iki farklı türdedir: porselen ve kompozit.

Porselen buşing, seramik malzemeden bir gövde ile metal uç parçalardan oluşmaktadır. Seramik malzeme gevrek kırılma özelliğini taşır. Porselen gövdenin yüzeyi genellikle sırla kaplanarak pürüzsüz hale getirilir.

Kompozit buşing genellikle fiberglas malzemeden izolatör çekirdeği, silikon kauçuk mahfaza ve metal uç parçalardan oluşmaktadır. Çekirdek, buşingin yük aktaran kısmını oluşturur. Çekirdeğin enkesiti dolu (düşük-orta seviye eğilme momenti koşullarında) veya boşluklu (yüksek seviye eğilme momenti koşullarında) olabilir.

Her iki tip buşingin de kendine has özellikleri mevcuttur. Örneğin, porselen buşing kompozit olana göre daha ağırdır ve daha kırılğandır, bu yüzden yatay deprem kuvvetleri altında gerilme kontrollerinin yapılması gerekir. Kompozit buşing ise porselen olana göre daha esnek ve bu nedenle daha önceden belirlenmiş olan yerdeğiştirme limitleri ve sistem boşluk toleranslarını sağlaması gereklidir. Ayrıca kompozit buşing, deprem esnasında iletim sisteminin diğer birimlerinin sebep olduğu şok yüklemeler altında kırılmaya karşı daha dayanıklı bir yapıya sahiptir. Buşinglerin deprem yeterliliği irdelenirken, yukarıda bahsi geçen farklı malzeme özellikleri dikkate alınacaktır.

a) Operasyonel Koşullar: Buşingler deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemek ve fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır. Ayrıca deprem sırasında da operasyonel durumunu korumalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Buşinglerin voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü için sarsma tablasında deprem testi veya dinamik hesap yöntemi,
36-170 kV için statik çekme testi,
36 kV ve altı için doğrudan kabul.

170 kV üzerindeki buşinglere deprem testi uygulanmadan önce rezonans frekansı tarama testi uygulanacaktır. Buşingi gerçek trafo üzerinde test etmek mümkün olmadığı için rijit bir mesnet üzerine monte etmek gereklidir. Trafo gövdesinin kendi dinamik özelliklerinin de dikkate alınması gerektiğinden trafo buşingine gelen yük arttırılacaktır. Buna göre buşingeye uygulanacak ivme değerleri (bakınız Şekil 1) hem orta hem de yüksek deprem yer hareketi düzeylerinde iki kat arttırılacaktır.

c) Derlenen veriler: Test/analiz esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; buşingin mesnet, flanş, kütle merkezi ve tepe noktalarındaki maksimum ivme değerleri (hem yatay hem de düşey), buşing tepe noktasındaki maksimum yerdeğiştirme değeri, porselen ve kompozit buşinglerin tabanındaki gerilmeler, buşingin bağlantı yerindeki maksimum gerilmeler ve buşing mesnet bölgesindeki kayma miktarıdır.

d) Kabul kriterleri: Sarsma tablası veya statik çekme testine maruz kalan buşinglerde kalıcı hasar (kırılma, kayma, yerinden çıkma vb.), gözle görülür yağ kaçağı ve kırık mesnet flanjlari olmamalıdır. Buşingin herhangi bir bölgesinde elde edilen gerilmeler, izin verilen gerilmeleri aşmamalıdır. Basınç altındaki kompozit buşingin yüzeyinde en ufak bir delik oluşumu bile gözlenmemelidir. Buna ek olarak, kompozit buşingde çekirdek ile metal uç parça arasında ayrılma gözlenmemelidir.

Şalt sahalarında, trafo ve benzeri elektriksel cihaz üzerinde bulunan buşingler haricinde iki elektriksel cihaz arası iletken bağlantıların belli bir açıklıkta sehim yapmaması adına kullanılan basit mesnet izolatörleri için; eğer cihaz ana boyut resmine göre garanti edilen tepe dayanım yükününün karşılanacağı statik çekme test kriteri kullanılarak teyit edilmiş ise; ilgili cihaz için doğrudan kabul, cihazın mesneti için ise ankraj hesabı kontrolü yeterli olacaktır.

A.6.2.2 Ayırıcı

Bu bölümde yer alan hükümler, ayırıcı türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Ayırıcılar deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemek ve fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır. Ayrıca deprem sırasında da operasyonel durumunu korumalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Cihazın voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

- 170 kV ve üstü için sarsma tablasında deprem testi veya dinamik hesap yöntemi,
- 72.5-170 kV için dinamik hesap yöntemi,
- 36-72.5 kV için statik katsayı yöntemi,
- 36 kV ve altı için doğrudan kabul.

Testler/analizler, ayırıcının anahtarı hem açık hem de kapalı durumdayken gerçekleştirilecektir. Eğer cihazda topraklama anahtarı da mevcut ise; testler/analizler ayırıcı açık-topraklama anahtarı kapalı, ayırıcı açık-topraklama anahtarı açık ve ayırıcı kapalı-topraklama anahtarı açık konumlarında gerçekleştirilecektir.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine ölü yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilmeler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; ayırıcının tepesinde ve anahtarın ucundaki maksimum yer değiştirme ile maksimum ivme

(hem yatay hem de düşey), ayırıcının bağlantı yerinde ve anahtarın bağlandığı mafsalda maksimum gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere ek olarak, anahtar hangi konumda (açık veya kapalı) test edilirse, deney sonunda aynı konumunu korumalıdır. Sarsma tablası deneyleri için; deney sırasında ölçülmüş olan yerdeğişmeler, ayırıcının tasarım sınır değerlerini sağlamalıdır.

A.6.2.3 Kesici

Bu bölümde yer alan hükümler, kesici türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: kesici ve destek yapısı depremden sonra hiç hasar görmemesi ve fonksiyonel kalması için tasarlanmalıdır. Ayrıca deprem sırasında da operasyonel durumunu korumalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Cihazın voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü için sarsma tablasında deprem testi veya dinamik hesap yöntemi,
72.5-170 kV için dinamik hesap yöntemi,
36-72.5 kV için statik katsayı yöntemi,
36 kV altı için doğrudan kabul.

Söz konusu cihaza sarsma tablası ve darbeli harmonik testler uygulanırken beş aşamalı bir prosedür izlenecektir. İlk aşamada cihaza rezonans frekansı tarama testi uygulanacaktır. İkinci aşamada cihaz ve destek sistemi sarsma tablası üzerinde önceden belirlenmiş yer hareketleri altında test edilecektir. Üçüncü aşama bir önceki aşamaya benzemekle beraber, deney sırasında kesici sırasıyla açık-kapalı-açık pozisyonlara getirilecek ve böylece cihazın deprem anındaki işlevselliği irdelenecektir. Dördüncü aşamada donanıma darbeli harmonik test uygulanacaktır. Beşinci ve son aşamada ise tekrar rezonans frekansı tarama testi uygulanacak ve cihazın dinamik özelliklerinin test öncesi durumuna göre ne kadar değiştiği incelenecektir.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine ölü yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilmeler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; kesicinin tepesinde ve cihaza bağlantı noktasındaki maksimum yer değişmeler, buşing izolatörünün tepesindeki maksimum ivme, porselen izolatörün tabanındaki gerilmeler, mesnet yapısının taban ayağındaki gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere ek olarak, destek yapısının kolon tabanlarında ve ek contalarında hiçbir kayma hasarı olmamalıdır. Servis koşulları açısından, deprem etkisi altında kesicinin açılması veya kapanması sırasında herhangi bir fonksiyonel kayıp olmaması gerekmektedir. Elektriksel anlamda, servis koşulları altında beklenen değerler belirli tolerans aralıkları içerisinde deprem etkisi altında da sağlanmalıdır.

A.6.2.4 Transformatör

Bu bölümde yer alan hükümler, transformatör türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Transformatör depremden hemen sonra hiç yapısal hasar görmemesi ve fonksiyonel kalması için tasarlanmalıdır. Bu koşullar sağlanırken tasarım deprem yükü, ölü yük ve normal servis yükleri ile beraber değerlendirilmelidir.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Transformatörlerde voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü için statik hesap yöntemi,
36-170 kV için basit kontrol yöntemi,
36 kV altı için doğrudan kabul.

Statik hesap yöntemi, buşing izolatörü, parafudur ve diğer eklentileri ihmal edilerek sadece transformatör tankına uygulanacaktır. Analiz sırasında yük aktarımının güvenli bir şekilde yapıldığı gösterilecektir. Buşing izolatörü ve parafudur dışındaki eklentilerin analizinde ivme değerleri üç kat büyütülecektir.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine ölü yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilimler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; transformatöre ait buşing izolatörün kritik bölgelerindeki (tepe noktası, transformatör ile bağlantı bölgesi, conta seviyesi ve conta seviyesi üzerindeki ağırlık merkezi) maksimum yatay ve düşey ivme, buşing izolatörünün tepe noktası ile conta seviyesi arasındaki görelî yatay yer değiştirme, buşing cihazı üzerindeki kritik noktalarda maksimum gerilmeler, buşing cihazı ile transformatör arasındaki birleşim noktasında kaymadır.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere ek olarak, transformatöre bağlı izolatörlerde kırılma, kayma veya yerinden oynama, gözle görülür yağ kaçağı ve conta kırılması şeklinde hasarları görülmemelidir. Cihazın herhangi bir bölgesinde elde edilen gerilmeler, izin verilen gerilmeleri aşmamalıdır.

A.6.2.5 Sıvı Yalıtkanlı Reaktör

Bu bölümde yer alan hükümler, sıvı yalıtkanlı reaktör türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Sıvı yalıtkanlı reaktör depremden hemen sonra hiç yapısal hasar görmemesi ve fonksiyonel kalması için tasarlanmalıdır. Bu koşullar sağlanırken tasarım deprem yükü, sabit yük ve normal servis yükleri ile beraber değerlendirilmelidir.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Sıvı yalıtkanlı reaktörlerde voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü için statik hesap yöntemi,
36-170 kV için basit kontrol yöntemi,
36 kV altı için doğrudan kabul.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine sabit yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilimler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; genel anlamda kritik bölgelerdeki maksimum yerdeğiştirmeler, ivmeler ve gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir.

A.6.2.6 Hava Yalıtkanlı Reaktör

Bu bölümde yer alan hükümler, hava yalıtkanlı reaktör türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Reaktör depremden hemen sonra hiç yapısal hasar görmemesi ve fonksiyonel kalması için tasarlanmalıdır. Bu koşullar sağlanırken tasarım deprem yükü, ölü yük ve normal servis yükleri ile beraber değerlendirilmelidir.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Hava yalıtkanlı reaktörlerde voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü için dinamik hesap yöntemi,
36-170 kV için statik katsayı yöntemi,
36 kV altı için doğrudan kabul.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Deprem yükleri hesaplanırken, deprem etkisine sabit yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilimler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; genel anlamda kritik bölgelerdeki maksimum yerdeğiştirmeler, ivmeler ve gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir.

A.6.2.7 Ölçü Transformatörü

Bu bölümde yer alan hükümler, ölçü transformatörü ve benzeri elektriksel cihazların (akım transformatörü, gerilim transformatörü, kapasitör gerilim transformatörü) orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Ölçü transformatörleri deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemek ve fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır. Ayrıca deprem sırasında da operasyonel durumunu korumalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Cihazın voltaj değerine ve cihaz yüksekliğine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü veya cihazın toplam yüksekliğinde 6.0 m üstü için sarsma tablasında deprem testi veya dinamik hesap yöntemi,
72.5-170 kV için dinamik hesap yöntemi,
36-72.5 kV için statik katsayı yöntemi,
36 kV altı için doğrudan kabul.

Servis koşullarında basınç altında çalışan cihazlar, sarsma tablası deneyi sırasında aynı basınç koşullarında test edilecektir.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine sabit yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilimler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; cihazın tepe noktasında yerdeğiştirme ve ivme (düşey ve yatay yönlerde) ve izolatörün bağlantı yerindeki maksimum gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir.

A.6.2.8 Devre Anahtarı

Bu bölümde yer alan hükümler, devre anahtarı türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Devre anahtarı ve tüm bileşenleri deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemek ve fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır. Ayrıca deprem sırasında da operasyonel durumunu korumalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Devre anahtarlarında voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü için sarsma tablasında deprem testi veya dinamik hesap yöntemi,
72.5-170 kV için dinamik hesap yöntemi,
36-72.5 kV için statik katsayı yöntemi,
36 kV altı için doğrudan kabul.

Söz konusu cihaza sarsma tablası ve darbeli harmonik testler uygulanırken dört aşamalı bir prosedür izlenecektir. İlk aşamada cihaza rezonans frekansı tarama testi uygulanacaktır. İkinci aşamada cihaz ve destek sistemi sarsma tablası üzerinde önceden belirlenmiş yer hareketleri altında test edilecektir. Üçüncü aşama bir önceki aşamaya benzer şekilde, deney sırasında devre anahtarı kapalı pozisyondan açık pozisyona getirilecek ve böylece cihazın deprem anındaki işlevselliği irdelenecektir. Dördüncü ve son aşamada ise tekrar rezonans frekansı tarama testi uygulanacak ve cihazın dinamik özelliklerinin test öncesi durumuna göre ne kadar değiştiği incelenecektir.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine sabit yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilimler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; devre anahtarı terminalerinde yatay yerdeğiştirme, izolatör kısmının tepe noktasında yatay ve düşey ivmeler, porselen izolatörün tabanındaki gerilmeler ve mesnet yapısının taban ayağındaki gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir.

A.6.2.9 Asılı Cihaz

Bu bölümde yer alan hükümler, asılı cihaz türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için

deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2). Asılı cihazın parçaları ile ilgili detaylar ve sahada yerleştirilmesi ile ilgili hükümler Madde A.7.1'de yer almaktadır.

a) Operasyonel Koşullar: Asılı cihaz deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemek ve fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır. Ayrıca deprem sırasında da operasyonel durumunu korumalıdır. Asılma noktası, mesnet noktası ve yük taşıyan yapı mevcut yükleri güvenli bir şekilde karşılamalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Asılı cihaz için statik analiz yöntemleri kullanılacaktır. Askı sisteminde düşey statik yük hesabı yaparken cihazın ağırlığı yüksek yeterlilik düzeyi için 5, orta yeterlilik düzeyi için 3.5 ile çarpılacaktır. Elde edilen değere (eğer mevcutsa) düşey servis yükleri de eklenecektir. Deprem etkisi yatay yönde her iki doğrultuda askı noktalarına cihazın ağırlığının belirli bir oranı olarak uygulanacaktır. Bu oran, yüksek yeterlilik düzeyi için 0.5, orta yeterlilik düzeyi için 0.25 olarak alınacaktır. Elde edilen değere (eğer mevcutsa) yatay servis yükleri de eklenecektir.

Mesnet sisteminde düşey statik yük hesabı yaparken cihazın ağırlığı yüksek yeterlilik düzeyi için 4, orta yeterlilik düzeyi için 2.5 ile çarpılacaktır. Elde edilen değere (eğer mevcutsa) düşey servis yükleri de eklenecektir. Deprem etkisi yatay yönde her iki doğrultuda mesnet noktalarına cihazın ağırlığının belirli bir oranı olarak uygulanacaktır. Bu oran, yüksek yeterlilik düzeyi için 0.5, orta yeterlilik düzeyi için 0.25 olarak alınacaktır. Elde edilen değere (eğer mevcutsa) yatay servis yükleri de eklenecektir.

Yük taşıyıcı sistemin statik hesabı için, sınır koşulları askı ve mesnet sistemleri için belirlenmiş olan yüklerden oluşan bir serbest cisim diyagramı çizilecektir. Deprem etkisi yatay yönde her iki doğrultuda taşıyıcı sistemin üzerine yayılı şekilde cihazın ağırlığının belirli bir oranı olarak uygulanacaktır. Bu oran, yüksek yeterlilik düzeyi için 1.0, orta yeterlilik düzeyi için 0.5 olarak alınacaktır.

c) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir. Cihazın ağırlığının askı sistemi tarafından, yatay deprem etkisinin ise mesnet sistemi tarafından güvenli bir şekilde taşındığı teyit edilmelidir. Asılı cihazda askı ve mesnet noktalarının düzensiz dağılımından dolayı deprem esnasında dengesiz yükleme durumları ve buna bağlı olarak burulma türü etkiler oluşmamalıdır.

A.6.2.10 İstasyon Bataryaları ve Batarya Rafları

Bu bölümde yer alan hükümler, istasyon bataryası ve batarya rafı türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Batarya rafları; bataryaların deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemesi ve fonksiyon kaybına uğramaması üzere tasarlanmalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Batarya raflarının özelliklerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

3 veya daha fazla katlı rijit olmayan raflar için sarsma tablasında deprem testi,
2 katlı rijit olmayan raflar için dinamik hesap yöntemi,
Rijit raflar için statik hesap yöntemi.

Batarya raflarına sarsma tablası testi uygulanırken raflar servis koşullarına benzer bir şekilde batarya hücreleri ile doldurulmalıdır. Dinamik test öncesi cihaza rezonans frekansı tarama testi uygulanmalıdır.

Statik analiz sırasında batarya hücrelerinin ağırlığı dikkate alınacaktır.

Eğer batarya rafları yukarıda bahsi geçen yöntemler kullanılarak yeterlilik değerlendirmesinden geçtiyse, bataryaların deprem esnasında yerinden oynama, düşme,

diğer cihazlara çarpma gibi etkilere maruz kalmayacak şekilde raflara mesnetlenmesi koşuluyla bağımsız bir değerlendirilmeye tabi tutulmasına gerek duyulmayacaktır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; batarya raflarının tepesindeki yerdeğiştirmeler ve ivmeler (hem yatay hem de düşey), birleşme noktalarındaki yerdeğiştirme, cihazın tabanında ve birleşim bağlantılarındaki gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir. Buna ek olarak, her koşulda, batarya rafları üstlerinde bulunan bataryaları güvenli bir şekilde tutmalı ve hareketini engellemelidir.

A.6.2.11 Kablo Başlığı

Bu bölümde yer alan hükümler, kablo başlığı türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Kablo başlıkları deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemek ve fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Cihazın voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü için sarsma tablasında deprem testi veya dinamik hesap yöntemi,
36-170 kV için çekme testi,
36 kV altı için doğrudan kabul.

Dinamik test öncesi cihaza rezonans frekansı tarama testi uygulanacaktır.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine sabit yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilmeler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; cihazın tepe noktasında yerdeğiştirmeler ve ivmeler (düşey ve yatay yönlerde) ve cihazın taban bağlantısındaki maksimum gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir.

A.6.2.12 Parafudur

Bu bölümde yer alan hükümler, parafudur türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Parafudurlar deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemek ve fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır. Ayrıca deprem sırasında da operasyonel durumunu korumalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Cihazın voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü için sarsma tablasında deprem testi veya dinamik hesap yöntemi,
72.5-170 kV için dinamik hesap yöntemi,
36-72.5 kV için statik katsayı yöntemi,
36 kV altı için doğrudan kabul.

Dinamik test öncesi cihaza rezonans frekansı tarama testi uygulanacaktır.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine ölü yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilimler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; cihazın tepe noktasında yerdeğiştirmeler ve ivmeler (düşey ve yatay yönlerde) ve izolatörün bağlantı yerinde maksimum gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir.

A.6.2.13 Metal Mahfazalı Anahtarlama ve Kontrol Düzenleri

Bu bölümde yer alan hükümler, metal mahfazalı anahtarlama ve kontrol düzenleri için elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Metal mahfazalı anahtarlama ve kontrol düzenleri ve üstüne monte edilen diğer cihazlar deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemek ve fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır. Ayrıca anahtarlama ve kontrol düzenleri ve üstündeki cihaz deprem sırasında operasyonel durumunu korumalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Cihazın voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

36 kV ve üstü için dinamik hesap yöntemi,
36 kV altı için doğrudan kabul.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine sabit yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilimler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir.

A.6.2.14 Gaz Yalıtımlı Şalt Donanımı (GIS)

Bu bölümde yer alan hükümler, gaz yalıtımlı şalt donanımı (GIS) türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Gaz yalıtımlı şalt donanımı (GIS) ve üstüne monte edilen diğer cihazlar deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemek ve fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır. Ayrıca şalt donanımı ve üstündeki cihaz deprem sırasında operasyonel durumunu korumalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Cihazın voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü için dinamik hesap yöntemi,
72.5-170 kV için statik katsayı yöntemi,
36-72.5 kV için statik hesap yöntemi,
36 kV ve altı için doğrudan kabul.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine sabit yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilimler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Derlenen veriler: Analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; cihazın üstündeki izolatörün tepe noktasında yerdeğiştirmeler ve ivmeler (düşey ve yatay yönlerde), ayrılmış her cihaz parçasının kütle merkezindeki ivme (düşey ve yatay yönlerde) ve izolatörün taban kesitindeki maksimum gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir. Ayrıca cihaza bağlı izolatörlerde kırılma, kayma veya yerinden oynama, gözle görülür yağ kaçağı ve conta kırılması şeklinde hasarlar görülmemelidir.

A.6.2.15 Şönt Reaktörü

Bu bölümde yer alan hükümler, şönt reaktörü türü elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken özel yeterlilik ölçütlerini içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Şönt reaktörleri deprem sonrası fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Cihazın voltaj değerine göre kullanılması gereken test/hesap yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

170 kV ve üstü için dinamik hesap yöntemi,
36-170 kV için statik katsayı yöntemi,
36 kV altı için doğrudan kabul.

Yeterlilik değerlendirme yöntemleri kullanılmasını gerektirmeyen durumlarda (doğrudan kabul), cihazın ankraj hesapları yapılacaktır. Ankraj hesabında deprem etkisi, cihazın ağırlık merkezine yatay yönde kendi ağırlığı ve düşey yönde ağırlığının %80'i uygulanarak elde edilecektir. Ankraj yükleri hesaplanırken, deprem etkisine sabit yük ve servis yükleri de eklenecektir. Deprem yükleri her iki yönde ayrı ayrı uygulanacak ve gerilimler açısından daha kritik olan yön dikkate alınacaktır. Mesnet ankrajları ile ilgili diğer hükümler Bölüm A.7.4'te yer almaktadır.

c) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir.

A.6.2.16 Diğer Elektriksel Cihazlar

Bu bölümde yer alan hükümler, diğer bölümlerde (A.6.2.1-A.6.2.15) adı geçmeyen elektriksel cihazların orta ve yüksek deprem düzeylerinde sağlamaları gereken yeterlilik ölçütlerini geniş kapsamda içerir. Düşük yeterlilik düzeyi için deprem etkisi altında bir değerlendirme yapmaya gerek yoktur (bakınız Bölüm A.3.2).

a) Operasyonel Koşullar: Bu bölüm kapsamındaki elektriksel cihazlar deprem sırasında ve deprem sonrası hiç hasar görmemek ve fonksiyon kaybına uğramamak üzere tasarlanmalıdır. Ayrıca bu tür cihazlar deprem sırasında operasyonel durumunu korumalıdır.

b) Yeterlilik değerlendirme yöntemleri: Cihazın özelliklerine, önemine ve voltaj değerine göre kullanılması gereken test/analiz yöntemlerine karar verilecektir. Bu yöntemler; sarsma tablasında deprem testi, dinamik analiz yöntemi, statik katsayı yöntemi ve statik analizden biri olacaktır. Gerekli durumlarda, bir cihaz için birden fazla test/analiz bir arada kullanılabilir.

Hem analiz hem de test yöntemleri kullanılırken cihazın frekans özellikleri önceden belirlenecektir. Eğer gerekirse, test sırasında cihazın frekansındaki değişimleri gözlemlemek için rezonans frekansı tarama testi veya vurulu harmonik sarsma testi uygulanacaktır.

c) Derlenen veriler: Testler/analizler esnasında izlenmesi gereken kritik parametreler; cihazın uç noktalarında ve üstündeki izolatörün tepe noktasında yerdeğişimler, cihazın kütle merkezinde ve üstündeki izolatörün tepe noktasında ivmeler (düşey ve yatay yönlerde), cihazı taşıyan destek sisteminin ayaklarındaki ve temelindeki gerilmeler ile izolatörlerin taban kesitindeki maksimum gerilmelerdir.

d) Kabul kriterleri: Bölüm A.6.1'de yer alan genel ölçütlere uyulması gerekmektedir.

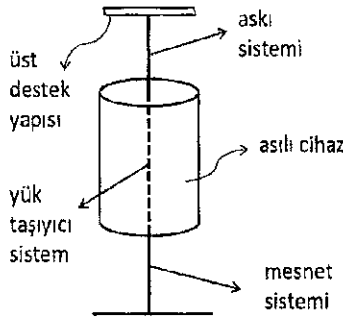
A.7- ELEKTRİKSEL CİHAZIN SAHADA YERLEŞTİRİLMESİ

Elektriksel cihazın sahada yerleştirilmesi ile ilgili hususlar, söz konusu cihazın deprem performansını ve yeterliliğini önemli derecede etkiler. Deprem yer hareketinin etkili olduğu yerleştirme ile ilgili durumlar aşağıdaki bölümlerde verilmektedir.

A.7.1 Asılı Cihazın Yerleştirilmesi

Asılı cihaz üç farklı yapısal sistemden oluşmaktadır: askı sistemi, mesnet sistemi ve yük taşıyıcı sistem (bakınız Şekil 4). Askı sistemi, üstten destek yapısına bağlı olup alttan cihaza bağlanmaktadır. Cihazın asılma noktaları birden fazla olabilir. Mesnet sistemi, cihazın yatay dayanımını sağlar, cihazın deprem gibi yatay etkilere karşı aşırı miktarda yerdeğiştirme yapmasını engeller. Yük taşıyıcı sistem ise cihaza bağlı asılma ve mesnetleme noktaları arasında yük aktarımını sağlar. Cihazın doğal bir parçası veya yük taşıma amacıyla eklenmiş bir parça olabilir.

Asılı cihaz için deprem yatay ivme değerlerinden daha ziyade, düşey ivme ve yatay yer değiştirme değerleri belirleyici olur. Özellikle deprem esnasında oluşan büyük yerdeğiştirmeler, birbirine bağlı (enterkonekte) cihaz açısından olumsuz bir durum yaratmaktadır. Buna ek olarak asılı cihazın mesnet bölgelerinde deprem sırasında ortaya çıkan büyük kuvvet değerleri, cihazın düşük performans göstermesine neden olabilmektedir.



Şekil 4. Asılı cihaz, askı ve mesnet sistemleri

a) Cihazın asıldığı destek sistemi, söz konusu cihazın salınım hareketi yapmasına izin vermelidir. Bu amaçla, askı sisteminin her iki ucu dönme hareketi açısından serbest tutulmalıdır. Ancak serbest hareket, önceden belirlenmiş yer değiştirme sınırlarını aşmamalıdır.

b) Asılı cihaz alttan bir mesnet sistemi ile desteklenmelidir. Bu ek sistem, titreşim esnasında istenmeyen ivmelerin ve yerdeğiştirmelerin önlenmesi açısından gereklidir.

c) Mesnet sistemi, deprem esnasında asılı cihazın istemsiz olarak salınım yapmasını engellemek için, söz konusu cihazı aşağı yönde çeken bir kuvvet oluşturacak şekilde yerleştirilmelidir. Askı sisteminde olduğu gibi mesnet sisteminin de her iki uç dönme hareketi açısından serbest tutulmalıdır.

d) Hem askı sistemi hem de mesnet sistemi gergin olarak tasarlanmalı, deprem esnasında cihazın darbeye maruz kalmasına yol açacak boşluklar içermemelidir.

A.7.2 İletkenle Birbirine Bağlı Elektriksel Cihazların Etkileşimi

Kablo veya boru iletkenlerle birbirine bağlı olan elektriksel cihazların yeterli deprem performansı gösterebilmesi için, cihazda ortaya çıkabilecek aşırı yer değiştirmelere ve salınımlara izin veren ve esnek bir düzende kurulmuş olması gerekmektedir. Bu tür esnek bir iletken sistemi sayesinde, cihazların deprem sırasındaki hareketleri ile ortaya çıkabilecek ve sistemin işleyişine zarar verebilecek aşırı kuvvetlerin engellenmesi de mümkün olacaktır. Aşağıdaki maddeler; cihazların bağlantısını sağlayan iletkenlerin deprem esnasında güvenli bir şekilde hareket edip cihazda herhangi bir hasar yaratmaması için gerekli olan hususları içermektedir.

a) Kablo tipi iletkenlerde iletkenin asgari uzunluğu (L_d); cihazın üzerine monte edilmiş hareketli ekipmanlar (örneğin izolatör) arasındaki düz mesafenin (L_d , bakınız Şekil 5), deprem esnasında ekipmanların salınımları dolayısıyla oluşan göreceli azami yerdeğiştirmelerinin (L_{y1} ve L_{y2} , bakınız Şekil 5) ve iletkenin bağlantı noktasında deprem esnasında oluşan tesirleri dikkate alan ek uzunluk parametresinin (L_{ek}) toplanmasıyla hesaplanır. Ek uzunluk parametresinin değeri, konservatif bir yaklaşımla L_d uzunluğunun 1/3'ü kadar alınacaktır.

$$L_t = L_d + (L_{y1} + L_{y2}) + L_{ek} \quad (3)$$

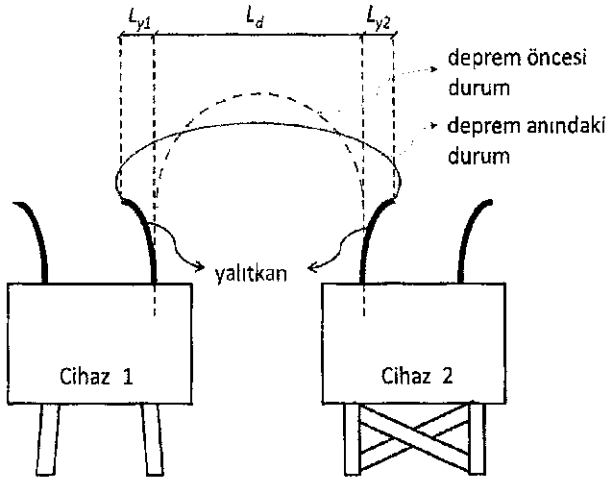
Hesaplanan toplam iletken uzunluğunun servis koşullarında sahip olunan uzunluktan (L_s) daha az olması gerekir. Servis koşullarındaki uzunluk hesaplanırken iletkenin boyunun, çapı L_d olan yarım çembere eşit olduğu kabul edilecektir (Şekil 5).

$$L_t < L_s = 0.5 \times \pi \times L_d \quad (4)$$

b) Kablo tipi iletkenlerde, cihazlar arasındaki mesafeye paralel doğrultudaki yer hareketi dikkate alınmalıdır. Boru tipi iletkenlerde ise, cihazlar arasındaki mesafeye hem paralel hem de dik doğrultudaki yer hareketleri dikkate alınmalıdır.

c) İletkenin uzunluğu arttıkça dinamik yükler azalır, ancak bu durumda elektrik akımı açısından sağlanması gereken asgari mesafeler ihlal edilmemelidir.

d) Normal koşullarda iletkenin ağırlığı deprem esnasında cihaz açısından kritik bir etki oluşturmaz. Ancak özellikle kablo tipi iletkenlerde sarkma miktarı fazla ise, iletkenin dinamik hareketinin cihaz üzerinde önemli bir etkisi olmaktadır.



Şekil 5. Cihaz-yalıtkan sisteminde iletkenlerin deprem öncesi ve sırasındaki durumları

A.7.3 Elektriksel Cihaza Ait Destek Sistemleri

Elektriksel cihaza ait destek sistemleri, çelik, alüminyum veya yapısal olarak izin verilen benzer malzemeler kullanılarak üretilmektedir. Destek sistemlerinin tasarımı, malzeme özellikleri, detaylandırılması ve işçiliği ilgili malzeme standartlarına göre gerçekleştirilebilir.

Destek sistemler, üzerlerindeki cihazın bir deprem esnasında göstereceği performans üzerinde belirleyici role sahiptirler. Destek sistemi üzerindeki cihazın maruz kaldığı ivme değeri, yer hareketi ivmesinin birkaç katı kadar olabilir. Bu sebepten dolayı, elektriksel cihazın yeterliliğinin kanıtlanması için deneylerde veya analitik modellerde kullanılacak olan destek sistemleri sahadaki gerçek koşulları yansıtmaktadır. Gerçek saha koşulları ile aynı destek sistemlerinin kullanılmasının mümkün olmadığı koşullarda, aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılacaktır:

a) Cihazın daha önce farklı destek sistemleri kullanılarak yeterlilik almış olduğu durumlarda; eğer yeni destek sisteminin eski sisteme göre deprem yüklerini dinamik olarak aktarma açısından eşit veya daha iyi performans gösterdiği kanıtlanırsa, daha önce alınmış olan yeterlilik geçerlidir.

b) Eğer cihaz farklı destek sistemleri üzerine monte edilecekse, bu destek sistemleri içerisinde deprem açısından en kritik olanı seçilecek ve deney ya da analiz bu destek sistemi dikkate alınarak gerçekleştirilecektir. Cihaz bu destek sistemi ile birlikte yeterlilik alırsa, diğer destek sistemleri ile de yeterlilik almış sayılacaktır.

c) Eğer cihaz destek sistemi olmadan incelenecekse, cihazın maruz kalacağı tüm ivme bileşenleri (öteleme, dönme ve/veya burulma) taban ivmesi esas alınarak büyütülecektir. Büyütme A.4.1'de verilen esaslara göre yapılacaktır.

A.7.4 Elektriksel Cihazın Mesnet Ankrağı

Dayanıklı ve yeterli ankraj, elektriksel cihazın yeterli deprem performansı göstermesi için gereklidir. Ankraj tasarımını yaparken cihazda deney ya da analiz sonucu ortaya çıkan kuvvetler/gerilmeler dikkate alınacaktır. Cihazın ankrağı ile ilgili önemli hususlar aşağıdaki maddelerde verilmiştir:

a) Kaynaklı ankraj, bulonlu ankraja göre genellikle daha basit ve daha fazla dayanım sağlayan bir çözümdür.

b) Kaynaklı ankraj kullanılması durumunda kaynağın yeri, boyu, tipi; bulonlu ankraj kullanılması durumunda ise bulon sayısı, çapı, yeri ve mekanik özellikleri ankrajın yapılacağı mesnete gelen deprem yükleri ve diğer servis yükleri göz önüne alınarak belirlenmelidir.

c) Cihazda veya destek sisteminde genel olarak kullanılan ankraj bulonlarının çapı 10 mm'den az olmayacaktır. Beton temele ankraj yapılması durumunda, bulon çapı 20 mm'den az olmayacaktır.

d) Yük aktarımına katkı veren tüm bulonlar TEİAŞ Şartnamesi'ndeki minimum ankraj kalitesine (GR. 5.8) sahip olacaktır.

e) Cihazın destek sistemi beton bir temel üzerine yerleştirilmelidir. Beton üzerine uygulanacak bulonlu ankrajlarda, deprem etkisi altında sünek bir davranış elde etmek için ankrajın dayanımına bulonun akması ile ulaşması gerekmektedir.

f) Kullanılan ankrajın deprem kuvvetlerinin çevrimsel etkisine karşı dayanımı gözden geçirilecektir. Bu etkiler tasarım depreminden gelen kesme, basınç ve kaldırma kuvvetlerini içermektedir.

g) Elektriksel cihazın deprem esnasında yeterli performans göstermesini sağlamak için cihazın mesnetinde sürtünme veya kamalama etkisi ile çalışan mekanik ankraj elemanları kullanılmamalıdır.

A.7.5 Taban Yalıtımı

Elektriksel cihazlarda depreme bağlı atalet kuvvetlerini azaltmak için, bu cihazların temellerinde ya da destek sistemlerinin ayaklarında aşağıdaki hükümlere uyulmak koşuluyla taban yalıtımı kullanılabilir:

a) Taban yalıtımında kullanılan cihazların istenilen performansları sağladıkları deneylerle kanıtlanacaktır. Deneyler, yeterli altyapıya ve ekipmana sahip laboratuvarlarda bu konularda deneyimli teknik elemanlar tarafından gerçekleştirilecektir.

b) Elektriksel cihazlarda kullanılan taban yalıtımı cihazlarının bakımı düzenli olarak yapılacaktır.

c) Çevresel faktörlerden etkilenen taban yalıtımı cihazlarının bu tür etkilerden izole edilmesi sağlanacaktır.

d) Taban yalıtımı cihazları, cihaz için belirlenmiş olan performans hedefleri ile uyumlu yerdeğiştirmeleri karşılayacak kapasitede olacaktır. Buna ek olarak; taban yalıtımı sebebiyle artması muhtemel yerdeğiştirmeler, birbiri ile bağlantılı cihazlar için önerilen boşluk miktarlarını geçmeyecek, cihazların birbirlerine tasarımda öngörülen yüklerden fazlasını aktarmasına yol açmayacaktır.

e) Taban yalıtımı cihazları, cihazın performans düzeyi ile uyumlu yer hareketi sonunda deprem öncesi pozisyonlarına dönecek ve kalıcı yerdeğiştirmelere maruz kalmayacaktır.

f) Taban yalıtımı tasarımı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 14'te yer alan hükümlere göre gerçekleştirilecektir.

BÖLÜM B – TRAFO MERKEZİNDE BULUNAN YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREM TASARIMI

B.1 – GENEL HÜKÜMLER

B.1.1 Amaç ve Kapsam

Bu Yönetmeliğin bu bölümünde trafo merkezlerinde bulunan yapı sistemlerinin deprem etkisi altında tasarım ilkeleri verilmektedir.

Bu bölüm kapsamında ele alınan trafo merkezlerindeki yapı sistemleri, GIS, kumanda, metal muhafazalı anahtarlama elemanı, şalt, role vb. binalarını, kapalı trafo hollerini, yangın ekipman binalarını, güvenlik binalarını, pylonlar, girişler ve portaller gibi çelik destek yapılarını, yangın duvarlarını, istinat duvarlarını, binaların, diğer destek yapılarının ve yer üstü elektrik cihazının temellerini ve temel ankrajlarını kapsamaktadır.

B.1.2 Genel İlkeler

Trafo merkezlerinde bulunan yapı sistemlerinin standart ve uygulanabilir deprem tasarım ilkelerine sahip olması gerekmektedir. Bu tasarım ilkeleri çerçevesindeki ana başlıklar deprem etkisinin tanımlanması, yapı sistemleri için hesap esaslarının tanımlanması ve deprem performans düzeylerinin belirlenmesidir.

B.2 – DEPREM ETKİSİ

Deprem etkisi, Türkiye Deprem Tehlike Haritasında DD-2 deprem yer hareketi düzeyi olarak verilen 475 yıllık Yatay Elastik Tasarım Spektrumu ile tanımlanacaktır.

B.3 – HİZMET BİNALARININ DEPREM TASARIMI

Trafo sahalarında bulunan başlıca hizmet binaları, GIS, kumanda, metal muhafazalı anahtarlama elemanı, şalt, role vb. binaları, kapalı trafo hollerini, yangın ekipman binaları ve güvenlik binalarıdır. Bu binalar genellikle 1-2 katlı basit yapılardır.

Bu binaların tasarımı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine uygun olarak yapılacaktır.

Bina kullanım sınıfı BKS = 1 alınacaktır.

Binaların performans hedefi DD-2 Deprem Yer Hareketi düzeyi için Kontrollü Hasar (KH) olarak seçilecektir. Dayanıma göre tasarım yaklaşımı uygulanacaktır. Binaların tasarımında kullanılacak sistem davranış (R) ve dayanım fazlalığı (D) katsayıları, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Tablo 4.1'de *süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler* için verilen değerlerden alınacaktır.

B.4 – ÇELİK YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREM TASARIMI

Trafo sahalarında bulunan başlıca çelik yapılar destek yapıları (cihaz mesnetleri), pylonlar, tek katlı, tek açıklıklı portal çerçeveler ve direklerdir.

Pylon-giriş (portal) sistemlerin deprem hesabında, depremlilik yük birleşimleri için portale bağlanan iletkenlerin ortam sıcaklığındaki (+15 C°) gerilmeleri, portale asılı elektriksel donanımın ağırlığı ve yapının öz ağırlığı sabit yük olarak dikkate alınacaktır. Asılı donanımın (iletken, izolatör elektriksel cihaz, v.b.) ağırlığından dolayı deprem etkisi ile portale yatay ve düşey yönlerde ek yük getirmediği varsayılacaktır.

İletim direklerinin tasarımı ile ilgili maddeler ayrıca Bölüm C'de verilmektedir.

B.4.1 Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

Bölüm B.2'ye göre tanımlanan elastik deprem spektrumu $S_{ae}(T)$, **Denklem 6** uyarınca aşağıda **Denklem 5** ile tanımlanan *Deprem Yükü Azaltma Katsayısı* $R_d(T)$ ile azaltılarak *Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi* $S_{aR}(T)$ hesaplanacaktır.

$$R_d(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (5.1)$$

$$R_d(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (5.2)$$

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_d(T)} \quad (6)$$

Denklem 5'deki R ve D katsayıları **Tablo 1**'de verilmektedir. T doğal titreşim periyodudur. Bina önem katsayısı $I=1.5$ alınacaktır.

Tablo 1. Çelik yapı sistemleri için önerilen katsayılar

Yapı Türü veya Elemanı	Sistem Davranış Katsayısı (R)	Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)
Moment aktaran çelik çerçeve	3	2
Kafes kule	3	2
Ankastre mesnet yapısı	2	2
Tüp kesitli direk (pilon)	2	2
Çelik ve alüminyum bara mesneti	2	2
Rijit bara (alüminyum veya bakır)	2	2

B.4.2 İki Doğrultudaki Yatay Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi

Çelik yapı sistemlerinin deprem hesabı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 4.7'de tanımlanan *Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi* veya Bölüm 4.8.2'de tanımlanan *Mod Birleştirme Yöntemi* ile yapılacaktır. Hesap yöntemine ve değerlendirilen yapı sistemi türüne uygun olarak; deprem yükleri yapısal modelde kütle dağılımını en iyi temsil eden rijit düğüm noktalarına her iki yatay doğrultuda ayrı ayrı uygulanacaktır. Deprem hesabı sonucunda yatayda birbirine dik X ve Y doğrultularında tanımlanan depremlerden oluşan deprem etkileri **Denklem 7.1** ve **7.2**'ye göre birleştirilecektir.

$$E_d^H = S_{aR}(T) \cdot G \quad (7)$$

$$E_d^H = \pm E_d^X \pm 0.3E_d^Y \quad (7.1)$$

$$E_d^H = \pm 0.3E_d^X \pm E_d^Y \quad (7.2)$$

Burada E_d^X ve E_d^Y yapının herhangi bir kesitinde veya elemanında sırasıyla X ve Y doğrultularındaki tasarım depremleri altında hesaplanmış deprem etkileridir (iç kuvvet ve şekil değiştirme talepleri). E_d^H ise doğrultu birleştirilmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisidir. Dolayısıyla **Denklem 7**, yapı analizinde 8 farklı yükleme durumunu ifade etmektedir.

B.4.3 Yatay Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Çelik yapı sistemlerinin tasarımında deprem etkisi ile diğer yük etkilerini içeren taleplerin (iç kuvvetler, gerilmeler, deformasyonlar, v.b.) birleşimleri aşağıda verilmektedir.

$$1.2G + Q + E_d^H + 0.3E_d^Z + 0.75 SC + 1.1T_w \quad (8)$$

$$0.9G + E_d^H - 0.3E_d^Z + 0.75 SC + 1.1T_w \quad (9)$$

Denklem 8 ve **9**'da G yapı ağırlığı sabit yük etkisini, Q tüm elektriksel donanım ağırlığı yükünün etkisini, E_d^H **Denklem 7.1** ve **7.2** ile ifade edilen birleştirilmiş yatay deprem yükü etkisini, E_d^Z düşey deprem yükü etkisini, SC tasarımda göz önüne alınan sıcaklık (+15 °C) için yatay kablo gerilmesinde kısa devreden kaynaklı oluşan ek yük etkisini, T_w tasarımda göz önüne alınan sıcaklık (+15 °C) için yatay kablo gerilmesi etkisini temsil etmektedir. Yük etkisi,

belirli bir yük altında (örneğin G veya E_d^X) yapısal elemanlarda hesaplanan iç kuvvet taleplerini ifade etmektedir.

Düşey deprem etkisi E_d^Z aşağıda verilen düşey deprem spektrumu $S_{az}(T)$ kullanılarak hesaplanacaktır..

$$E_d^Z = (2/3) S_{DS} G \quad (10)$$

B.4.4 Çelik Yapıların Tasarımı

Trafo sahasında bulunan çelik yapıların tasarımı taşıma gücü yöntemine göre yapılacaktır. Tasarlanacak yapılar veya elemanların **Denklem 8** ve **9**'da verilen yük birleşimleri altında hesaplanan yerdeğiştirme talepleri **Tablo 2**'de verilen yerdeğiştirme sınırlarını sağlayacaktır.

Tablo 2. Tasarlanacak yapılar/elemanlar için yerdeğiştirme / açıklık sınırları

Eleman tipi	Yer değiştirme yönü	Yapı Sınıfı		
		A	B	C
Yatay	Düşey	1/200	1/200	1/100
Yatay	Yatay	1/200	1/100	1/100
Düşey	Yatay	1/100	1/100	1/50

Burada A sınıfı yapılar yerdeğiştirmelerden etkilenecek elektrik cihazını mesnetleyen ve mekanizmalı çalışan destek yapılarını, B sınıfı yapılar yerdeğiştirmelerden etkilenecek olan elektrik cihazını mesnetleyen ancak mekanizmalı çalışmayan destek yapılarını, C sınıfı yapılar ise yerdeğiştirmelerden etkilenemeyecek olan elektrik cihazını mesnetleyen destek yapılarını temsil etmektedir.

Çelik yapı ve elemanların betonarme temellere yapılacak ankrajlarında, deprem hesabından elde edilen mesnet kuvvetleri dayanım fazlalığı katsayısı ile çarpılarak artırılacaktır. Ankraj çubukları malzemesinin kopma uzaması oranı 0.14'den az olmayacaktır.

B.4.5 Çelik Destek Yapılarının Tasarımı

Destek yapılarının (cihaz mesnetlerinin) deprem tasarımı **Denklem 8** ve **9**'da verilen yük birleşimleri altında bu bölümde yukarıda verilen esaslara uygun olarak yapılacaktır. Destek yapılarının hesabında destek yapısı ile desteklenen cihaz birlikte modellenecektir. Düşey yüklerin etkisiyle oluşan sürtünme dayanımları deprem tasarımında dikkate alınmayacaktır.

B.5 – TEMELLER VE DAYANMA YAPILARI

Trafo sahasında bulunan binaların, yapıların ve sahaya yerleştirilen cihazın temelleri ve dayanma yapılarının deprem yükleri altındaki tasarımı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 16'ya göre yapılacaktır.

Betonarme temellere yapılacak ankrajlarda deprem hesabından elde edilen mesnet kuvvetleri dayanım fazlalığı katsayısı ile çarpılarak artırılacaktır.

B.6 – PROJE HESAP RAPORU VE UYGULAMA PROJELERİNE İLİŞKİN KURALLAR

Çelik proje hesap raporları ve uygulama projeleri çizimleri, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 9.13'de verilen kurallara uygun olarak hazırlanacaktır.

BÖLÜM C – İLETİM VE İLETİŞİM (TELEKOMÜNİKASYON) DİREKLERİNİN DEPREM TASARIMI

C.1 – GENEL HÜKÜMLER

C.1.1 Amaç ve Kapsam

Bu Yönetmeliğin bu bölümünde enerji iletim hatlarında bulunan iletim direklerinin ve iletişim (telekomünikasyon) direklerinin deprem etkisi altında tasarım ilkeleri verilmektedir.

C.1.2 Genel İlkeler

İletim ve iletişim direklerinin deprem tasarımında, depremli yük birleşimleri için direğe bağlanan iletkenlerin ortam sıcaklığındaki (+15 C°) gerilmeleri, direğe asılı donanımın ağırlığı ve direğin öz ağırlığı dikkate alınacaktır. Deprem yükü hesabında yalnızca direğin öz ağırlığının dikkate alınması yeterlidir. Rüzgâr ve buzlanma etkileri ile oluşan yükler deprem yükleri ile birleştirilmeyecektir.

İletim ve iletişim direklerinin deprem tasarımında süreklilik düzeyi dikkate alınmayacaktır. İletim ve iletişim direklerinin deprem hesapları ve tasarımı, direklerinin deprem sırasında doğrusal elastik davranış göstermesi esasına göre yapılacaktır. Hesaplarda deprem yükü azaltma ve dayanım fazlalığı katsayıları dikkate alınmayacaktır.

İletim ve iletişim direklerinin bu Bölümde bahsedilmeyen tasarım ilkeleri ile ilgili olarak TS EN 50341-1 standardı kullanılacaktır.

C.2 – DEPREM ETKİSİ

Deprem etkisi, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda DD-2 deprem yer hareketi düzeyi olarak verilen 475 yıllık Yatay Elastik Tasarım Spektrumu ile tanımlanacaktır. Bina önem katsayısı $I = 1$ alınacaktır.

Düşey deprem etkisi dikkate alınmayacaktır.

C.3 – DEPREM HESABINA KARAR VERİLMESİ

İletim ve iletişim direklerinin tasarımında deprem hesabı yapılması her durumda gerekli değildir. Deprem hesabı yapılmasına iki adımlı bir kontrol hesabı sonucuna göre karar verilecektir.

Birinci adımda deprem etkisi altında oluşabilecek en büyük taban kesme kuvveti $V_{b,m}$ hesaplanacaktır.

$$V_{b,m} = I \cdot S_{DS} \cdot G_T \quad (11)$$

Denklem 11'de G_T direk taşıyıcı sisteminin toplam sabit ağırlığı, S_{DS} ise Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda direğin coğrafi konumunda %5 sönüm oranı için tanımlanan DD-2 yer hareketi düzeyi kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısıdır (boyutsuz).

Eğer $V_{b,m}$ kuvveti hat yönünde ve hatta dik yönde deprem hariç diğer yük etkileri altında hesaplanan maksimum taban kesme kuvvetinden daha düşükse ilgili direğin tasarımında deprem hesabı yapılmayacaktır. Eğer daha büyükse ikinci adıma geçilecektir.

İkinci adımda deprem etkisi altında oluşan taban kesme kuvveti V_b hesaplanacaktır.

$$V_b = I \cdot S_{ae}(T_p) \cdot G_T \quad (12)$$

Denklem 12'de $S_{ae}(T_p)$ Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda direğin coğrafi konumunda DD-2 yer hareketi düzeyi için tanımlanan yatay elastik tasarım spektral ivmesi (g), T_p ise direğin göz

önüne alınan deprem doğrultusundaki hâkim doğal titreşim periyodudur (s). T_p periyodunun hesaplanması Bölüm C.4.1'e göre yapılacaktır.

Eğer V_b kuvveti hat yönünde ve hatta dik yönde deprem hariç diğer yük etkileri altında hesaplanan maksimum taban kesme kuvvetinden daha düşükse ilgili direğin tasarımında deprem hesabı yapılmayacaktır. Eğer daha büyükse deprem hesabı yapılacaktır.

Deprem yükleri altında yapılacak hesapta aşağıda verilen Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılacaktır.

C.4 – EŞDEĞER DEPREM YÜĞÜ YÖNTEMİ

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, hat yönünde ve hatta dik yönde direğe etkileyen depremler için ayrı ayrı uygulanacaktır.

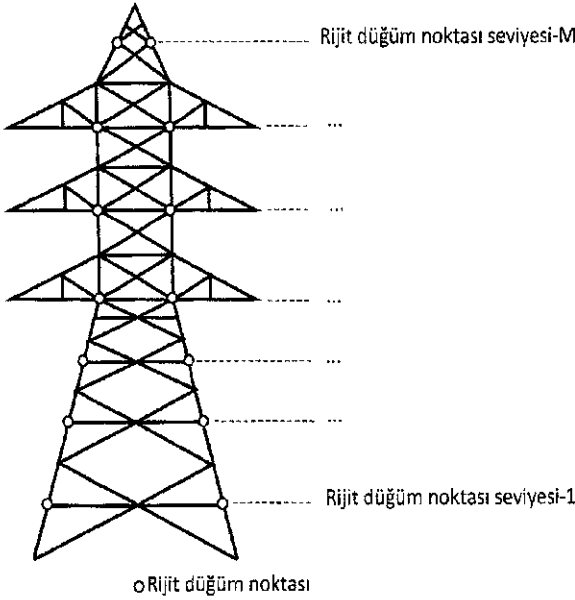
Eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile yapılacak hesapta önce direğin analiz modelinin hazırlanması gereklidir. Bu modelde direğin kütle dağılımı rijit düğüm noktalarında tanımlanacak, eşdeğer deprem kuvvetleri de direğe rijit düğüm noktalarında etkilenecektir. Rijit düğüm noktaları ana ayaklar üzerinde direk yüksekliği boyunca belirli düğüm noktası seviyelerinde tanımlanacaktır.

Rijit düğüm noktası seviyeleri belirlenirken direk üzerinde kütle dağılımının olabildiğince gerçekçi bir biçimde temsil edilmesi sağlanmalıdır. Direğin toprak kulesi bölümünde en az bir rijit düğüm noktası seviyesi, konsolların direk gövdesine bağlandığı bölgelerde en az birer düğüm noktası seviyesi ve direk ana gövdesindeki her bir yatay diyafram bölgesinde en az birer düğüm noktası seviyesi tanımlanmalıdır (**Şekil 6**). Bunlara ilave olarak gerektiği durumlarda direğin gövde bölümünde ilave düğüm noktası seviyeleri tanımlanabilir.

Direk boyunca komşu rijit düğüm noktası seviyeleri arasındaki düşey mesafe 10 m'yi geçmemelidir.

Her bir seviyede tanımlanan rijit düğüm noktaları ana ayaklar üzerinde bulunmalıdır. Dolayısıyla her bir düğüm noktası seviyesinde en az ana ayak sayısı kadar düğüm noktası olmalıdır.

Tanımlanan düğüm noktalarına atanan kütlelerin toplamı direğin toplam sabit külesine eşit olmalıdır.



Şekil 6. Direk üzerinde rijit düğüm noktası seviyelerinin tanımlanması

C.4.1 Direğin Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Direğin göz önüne alınan deprem doğrultusunda hâkim doğal titreşim periyodu T_p , daha kesin bir hesap yapılmadığı sürece **Denklem 13** ile hesaplanacaktır.

$$T_p = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^M m_i d_i^2}{\sum_{i=1}^M f_i d_i} \right]^{1/2} \quad (13)$$

Burada m_i , i 'nci rijit düğüm noktasına karşılık gelen eşdeğer kütedir. M toplam rijit düğüm noktası sayısıdır. f_i göz önüne alınan deprem doğrultusunda i 'nci rijit düğüm noktasına etkilene sanal yatay birim kuvvettir. f_i 'nin belirlenmesi için V_b yerine herhangi bir değer (örneğin 100) konulacaktır. d_i ise f_i altında i 'nci rijit düğüm noktasında hesaplanan yatay yer deyişimidir.

C.4.2 Eşdeğer Kütlelere Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda direğin i 'nci rijit düğüm noktasına etkiyen deprem yükü F_i **Denklem 14** ile belirlenecektir.

$$F_i = V_b \frac{m_i h_i}{\sum_{j=1}^M m_j h_j} \quad (14)$$

Burada h_i , i 'nci rijit düğüm noktasının direk tabanından olan yüksekliğidir.

C.4.3 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Deprem Etkilerinin Hesaplanması

Denklem 14 ile hat yönünde ve hatta dik yönde ayrı ayrı hesaplanan eşdeğer deprem yükleri direğin sayısal modeline etkilenecek ve statik hesap yöntemi ile direk yapısal elemanlarının deprem etkisi altında oluşan iç kuvvetleri hat yönünde ve hatta dik yönde ayrı ayrı hesaplanacaktır.

C.4.4 Yatay Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi

Deprem hesabı sonucunda yatayda hat yönünde (X) ve hatta dik yönde (Y) Bölüm C.4.3'e göre hesaplanan deprem etkileri **Denklem 7**'ye göre birleştirilecektir.

C.4.5 Yatay Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Direk yapı sistemlerinin tasarımında deprem etkisini içeren yük birleşimleri aşağıda verilmektedir.

$$G + Q + E_d^H + T \quad (15)$$

Denklem 15'de G sabit yük etkisini, Q tüm cihaz yükü etkisini, T tasarımda göz önüne alınan sıcaklık için (+15 C°) yatay kablo gerilmesi etkisini göstermektedir.

C.5 – İLETİM VE İLETİŞİM (TELEKOMÜNİKASYON) DİREKLERİNİN DEPREM TASARIMI

Yapısal elemanlar **Denklem 15**'e göre birleştirilen iç kuvvetler altında yeterli dayanımı sağlayacak şekilde boyutlandırılacaktır.

C.6 – PROJE HESAP RAPORU VE UYGULAMA PROJELERİNE İLİŞKİN KURALLAR

İletim ve iletişim direkleri proje hesap raporları ve uygulama projeleri çizimleri Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği **Bölüm 9.13**'de verilen kurallara uygun olarak hazırlanacaktır.

BÖLÜM D – ELEKTRONİK HABERLEŞME VE BİLGİ SİSTEMLERİ BİNALARININ DEPREM TASARIMI

D.1 – GENEL İLKELER

Bu binaların tasarımı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine uygun olarak yapılacaktır.

D.2 – DEPREM ETKİSİ

Deprem etkisi, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda DD-2 deprem yer hareketi düzeyi olarak verilen 475 yıllık %5 sönümlü Yatay Elastik Tasarım Spektrumu ile tanımlanacaktır.

D.3 –DEPREM TASARIMI ESASLARI

Bina kullanım sınıfı $BKS=1$ alınacaktır.

Binaların performans hedefi DD-2 Deprem Yer Hareketi düzeyi için Kontrollü Hasar (KH) olarak seçilecektir. Dayanımına göre tasarım yaklaşımı uygulanacaktır. Binaların tasarımında kullanılacak sistem davranış (R) ve dayanım fazlalığı (D) katsayıları, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Tablo 4.1'de *süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler* için verilen değerlerden alınacaktır.

Bina önem katsayısı $I=1.5$ alınacaktır.

BÖLÜM E – ELEKTRİKSEL CİHAZLARIN DEPREM YETERLİLİK RAPORLARININ ONAYLANMASI

Bu Yönetmelik kapsamında trafo sahalarına yerleştirilecek elektriksel cihazların deprem yeterliliklerinin belirlenmesini ve kanıtlanmasını kapsayan raporlar, yeterlilik belirleme süreçlerinin tüm aşamalarına vakıf, teorik ve mesleki bilgi ve deneyim sahibi deprem mühendisliği ve yapı dinamiği konusunda uzman bir inşaat mühendisi tarafından onaylanacaktır.

Deprem yeterlilik raporunu onaylamakla görevlendirilen uzman eğer ilgili cihaz ilk kez deneysel yöntemlerle test ediliyorsa testlere katılacak, testler öncesinde üretici tarafından önerilecek test düzeneğini ve test protokolünü onaylayacaktır.

Bu Yönetmelik uyarınca bir elektriksel cihazın deprem yeterlilik düzeyinin belirlenmesi amacıyla üretici tarafından gerçekleştirilen deneyler ve/veya hesaplar bir rapor halinde ilgili kuruluşa teslim edilecektir. Teslim edilen raporlar görevlendirilen uzman tarafından değerlendirilecek, değerlendirme sonucunda uzman tarafından bir "Deprem Yeterliliği Değerlendirme Raporu" hazırlanarak ilgili kuruluşa sunulacaktır.