

TIBBİ GÜÇ SİSTEMLERİ

Harun ÖNDÜL

Aktif Mühendislik Dış Ticaret Ltd. Şti.
Bayraktar Bul. Şehit Sok. No:5 Aktif Plaza Ümraniye İstanbul
harun.ondul@aktif.net

ÖZET

Bu anlatımda IT sistemler, kullanım nedenleri ve tıbbi alanlardaki uygulamaları üzerinde durulacaktır. Uluslararası standartlara göre tıbbi alanlarda kullanılması gereken ekipmanlar ve bu ekipmanların çalışma prensipleri değerlendirilecektir.

Standartlara göre tıbbi alanlar elektriksel olarak 3 sınıfa ayrılırlar. Bunlar grup 0, grup 1 ve grup 2 odalarıdır. Bir tıbbi alanın sınıflandırılması, hasta ile temasta bulunan bölümler ve hasta ile arasındaki temasın tipiyle, ayrıca yerin hangi amaçla kullanıldığıyla ilişkilidir. IT Sistemler elektrik beslemesi kesintisinin yaşam tehlikesi doğurabileceği tıbbi alanlar olan Grup 2 odalarında uygulanmaktadır. Tıbbi alanlarda hayati önem taşıyan ve tıbbi cihazların hastalara direk olarak bağlandığı (Ameliyathane, Yoğun Bakım, Anestezi odaları, prematüre bebek odaları, vb.) grup 2 odalarında IEC 60364-7-710 standartlarında uygun olarak tesis edilen izole güç sistemleri kullanılmaktadır. İzole güç sistemleri, izolasyon transformatörü, izolasyon izleme cihazı, alarm gösterge panelleri, tıbbi transfer modülleri ve yardımcı test ekipmanlarından oluşmaktadır. İzole güç sistemleri sayesinde, oluşacak izolasyon kaçağı, yük akımının sınır değerlere ulaşması ve transformatörün aşırı ısınması gibi istenmeyen durumların sinyalizasyonunu sağlanarak, hasta ve personelin hata akımlardan ve enerji kesintilerinden etkilenmemesi, bakım onarım sürelerinin minimize edilmesi sağlanmış olur.

GİRİŞ

Tıbbi alanlardaki güç beslemesi elektriksel güvenlik çerçevesinde değerlendirilmektedir. Elektriksel güvenlik bakımından temel koşullar, tıbbi mesleki veya özel yaşam alanlarından bağımsızdır. Daha derin bakıldığında, tıbbi olarak kullanılan yerlerde ek güvenlik önlemleri alınması gerektiği görülür. Çünkü hasta normal davranış ve reaksiyon koşullarının dışındadır, sürekli olarak tıbbi cihazlara bağlıdır ve en önemlisi de cihazlar işlev bakımından hastayı yaşatacak veya yaşamını kurtaracak cihazlardır. Bu nedenle tıbbi alanlarda elektriksel enerjinin kritik olduğu grup 2 odalarında IT sistemler kullanılmaktadır.

Değişik sistem tanımları, besleme sisteminin toprağa ve elektriksel donanımların gövdesinin toprağa olan ilişkisini belirler. Bu arada aşağıdaki işaretler geçerlidir.

1. harf: Besleme sisteminin toprakla ilişkisi

T = Bir noktanın toprak ile doğrudan bağlantısı,

I = Ya tüm gerilim altındaki bölümler topraktan ayrılmış ya da bir noktadan bir empedans üzerinden toprak ile bağlanmış.

2. harf: Elektrik tesisatının gövdesinin topraklama durumu

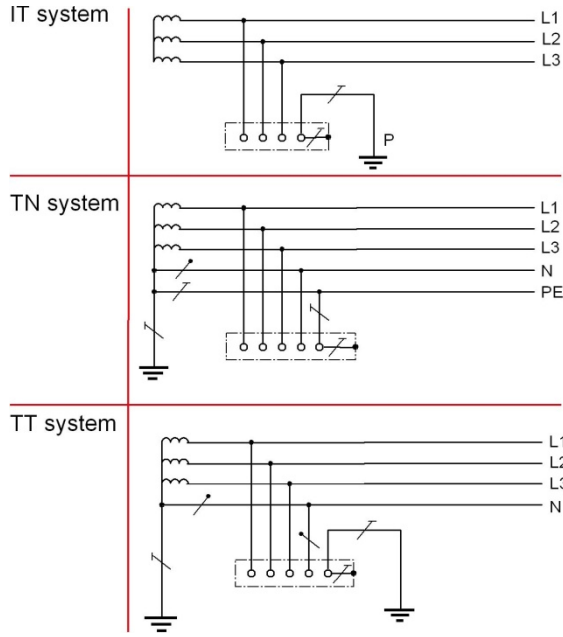
T = Gövde doğrudan topraklanmış, besleme sistemin bir noktasının mevcut topraklamasından bağımsız.

N = Gövde doğrudan besleme sisteminin topraklanmış bir noktasına bağlanmış.

C = Nötr iletkeni ve koruma işlevi gören iletken tek bir iletken olarak kombine edilmiştir. (PEN iletkeni)

S = Koruma işlevi için, nötr iletkeninden veya topraklanmış faz iletkeninden ayrı bir iletken öngörülmüştür.

IT sistemlerde tüm gerilim altındaki bölümler topraktan ayrılmakta ya da yeteri kadar yüksek bir empedans üzerinden topraklanmaktadır. IT sistemlerde sadece gövde topraklaması yapılmakla beraber, bu gövde topraklaması ortak bir topraklama yahut sistemin genel topraklaması ile ortak olarak tesis edilmektedir.



Şekil 1. Sistem Türleri

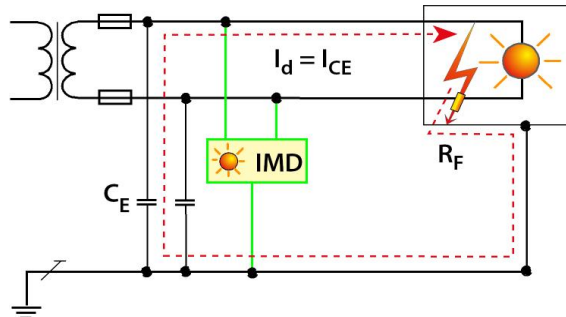
NEDEN IT SİSTEM

IT sistem ve TN sistemin farkları

1) İşletim güvenliğinin arttırılması, IT Sistemlerde;

Bir izolasyon hatası R_F oluşması durumunda sadece çok küçük kapasitif akım I_{ce} akar.

- ⇒ Sigorta açmaz
- ⇒ Tek faz-toprak hatasında, besleme kaynağı garanti altındadır.
- ⇒ Şebeke kesintisi olmaz
- ⇒ A-ISOMETER® alarm gösterir

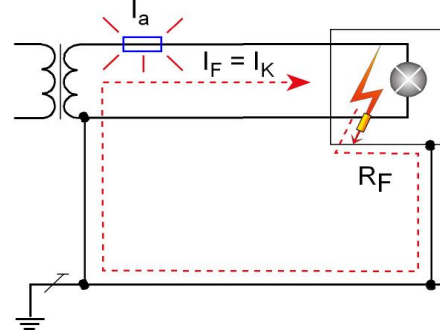


Şekil 2. IT Sistemde Enerji Sürekliliği

TN Sistemlerde;

Toprak direnci ve izolasyon hatası tarafından belirlenen bir kaçak akım akar.

- ⇒ $I_F < I_a$ sigorta açmaz -
- ⇒ Arıza riski
- ⇒ Alarm yok
- ⇒ $I_F > I_a$ Sigorta açar -
- ⇒ Beklenmedik şebeke kesintisi

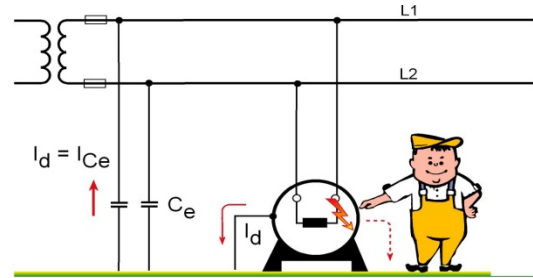


Şekil 3. TN Sistemde Enerji Kesintisi

2) Düşük kaçak akımlar

IT Sistemlerde;

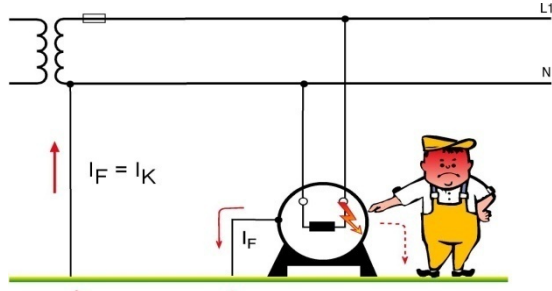
- IT sistemler düşük kaçak kapasiteli lokal bir şebekedir.
- Kaçak akım gövde empedansı, toprak direnci ve hata döngüsünün yüksek empedansı ile sınırlandırılmıştır.
- Kaçak akımın oluşturduğu sorunların giderilmesiyle insanlar ve cihazlar için tehlike azaltılır



Şekil 4. IT Sistemde Kaçak Akım

TN Sistemlerde;

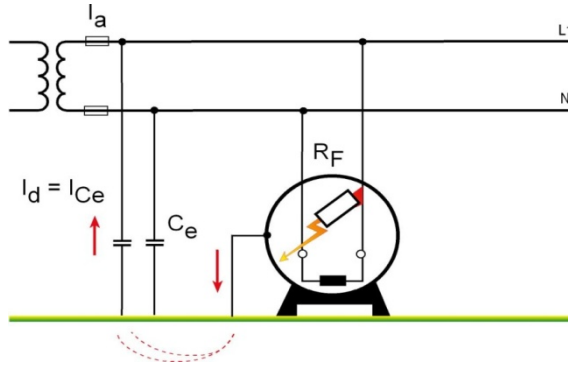
- Yüksek kaçak akım akabilir.
- Kaçak akım sadece gövde empedansı ile sınırlıdır.



Şekil 5. TN Sistemde Kaçak Akım

3) Yüksek seviyeli yangın güvenliği IT Sistemlerde;

- Hata döngüsünün yüksek empedansı tarafından sınırlandırılmış küçük bir akım akar.
- Önemli derecede düşük yangın riski
- İnsanlar ve cihazlar için yüksek koruma

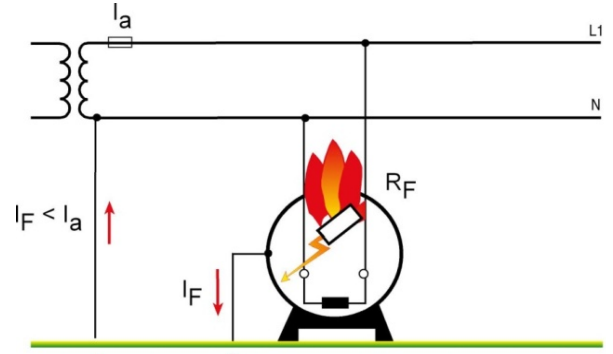


Şekil 6. IT Sistemde Yangın Güvenliği

TN Sistemlerde;

- Kaçak akım $I_F \leq I_a$
- ⇒ Sigorta açmaz
- ⇒ Hata akımının elektrik enerjisi termal enerjiye dönüşür.
- ⇒ Yangın riski

$$P \geq 60 \text{ W} = 260 \text{ mA} / 230 \text{ V}.$$



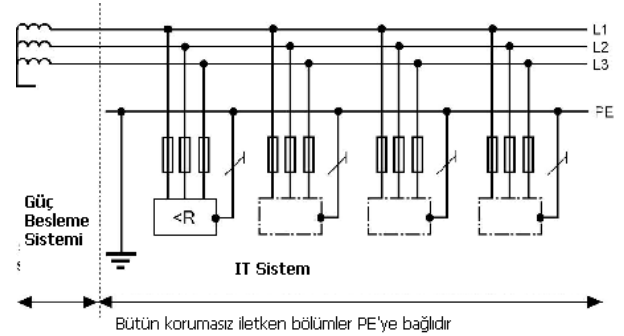
Şekil 7. TN Sistemde Yangın Riski

STANDARTLARA GÖRE IT SİSTEM TASARIMI

IT sistem bağımsız bir gerilim sistemi tarafından beslenir. Örneğin;

- ⇒ Dağıtım / izolasyon transformatörü
- ⇒ Kontrol-güç transformatörü
- ⇒ Jeneratör seti
- ⇒ Akü grubu
- ⇒ UPS çeviricisi

- IT sistemde aktif iletkenler ve toprak arasında doğrudan bir bağlantı yoktur
- Elektrik tesisindeki bütün korumasız iletken bölümler topraklanmıştır.



Şekil 8. Örnek IT Sistem Tasarımı

Transformatörler

- ⇒ Tıbbi alanın içinde veya dışında yakın yerlerde tesis edilmeli
- ⇒ Gerilim altındaki bölümlere bilmeyerek dokunmayı önlemek için kabinler veya muhafazalar içine yerleştirilmelidir.
- ⇒ Monofaze olmalı ve çıkış gerilim 250 Vac'yi aşmamalıdır.

- IEC 61558-2-15 standardına göre transformatörler, ek kurallarla birlikte;

⇒ Transformatör beyan gerilimi ve nominal frekansında beslendiği zaman ve yüksüz durumda ölçülen; çıkış sargısının toprağa veya mahfazaya kaçak akımı ≤ 0.5 mA.

⇒ Nominal çıkışı 0,5-10 kVA arasında olmalıdır.

⇒ Eğer trifaze yüklerin bir IT sistemden beslenmesi talep ediliyorsa, fazlar arası çıkış gerilimi 250 V'u aşmayan bu amaç için sağlanmış ayrı bir trifaze transformatör kullanılmalıdır.

İzolasyon İzleme Cihazları (IMD)

- Aynı işlev için hizmet eden her bir oda grubu için, en az bir ayrı tıbbi **IT sistem gereklidir.**

- Tıbbi IT sistem **izolasyon izleme cihazı** ile donatılmalı ve IEC 61557-8 ile uyumlu olarak aşağıdaki kuralları sağlamalıdır:

- a.c. iç empedansı > 100 kOhm
- Test gerilimi ≤ 25 Vdc.
- Sisteme verilen akımın tepe değeri hata durumunda bile ≤ 1 mA,
- yalıtım direnci ≤ 50 kOhm olduğunda uyarı alınmalıdır.
- Bir test cihazı sağlanmalıdır.

Alarm Gösterge Panelleri

- Her tıbbi IT sistem için, sesli ve görsel alarm sistemi tıbbi personelin sürekli olarak izleyebileceği uygun bir yere yerleştirilmelidir:

⇒ Normal işletmeyi göstermek üzere yeşil renk sinyal lambası

⇒ Yalıtım direnci için ayarlanan minimum değere ulaşıldığında yanan sarı renk sinyal lambası. Bu sinyal lambası ışığının iptal edilmesi veya bağlantısının ayrılması mümkün olmayacaktır.

⇒ Yalıtım direnci için ayarlanan minimum değere ulaşıldığında sesleri

duyulabilir alarm vermelidir. Bu duyulabilir alarm susturulabilir olmalıdır.

⇒ Hatanın giderilmesinden sonra ve normal işletmeye geri dönüldüğünde sarı renk sinyal lambası sönmelidir.

Not: Tıbbi IT transformatör için aşırı yük ve sıcaklığın izlenmesi gereklidir.

IT Sistemin Korunması

- Tıbbi IT sistemin transformatörünün giriş ve çıkış

tarafındaki besleme devrelerinde aşırı yük koruması yapılmasına izin verilmez (risk: beklenmedik açma)

- Kısa devre koruması için sigortalar kullanılmalıdır.

- Tıbbi IT transformatör için aşırı yük ve yüksek sıcaklığın izlenmesi gereklidir.

AVANTAJLAR & FAYDALAR

- Personelin ve hastanın elektrik enerjisinden etkilenmesi önlenir.

- İzolasyon hatası güç kesintisine sebep olmaz.

- Elektrik sistemindeki hata akımı kritik olmayan seviyelere düşürülür.

- Tıbbi alanlar için güç beslemesinin sürekliliği sağlanır.

- Elektriksel hata izlenmesi garanti altına alınır.

- Kaçak akımların neden olduğu yangın riski ortadan kaldırılır.

- Yüksek maliyetli tıbbi cihazların elektrik arızalarına karşı korunması sağlanır.

- Ek kaçak akımlar toplanarak kritik değerlere ulaşması engellenir.

- Operasyona ara verilmesi engellenir.

Grup 2 odaları

Kalp ile ilgili işlemler, ameliyathaneler ve hayati önem taşıyan tedaviler gibi uygulamalarda kullanılan elektrik beslemesinin kesintisinin yaşam tehlikesi doğurabileceği, hasta ile temasta bulunan donanımların kullanılmasının amaçlandığı

tıbbî mahaller Grup 2 odaları olarak tanımlanmaktadır.

Bu odalar standartlara göre;

- Ameliyathaneler
- Ameliyata hazırlık odası, alçı odası, uyanma odası
- Yoğun bakım üniteleri
- Anestezi odaları
- Kalp katerizasyon odaları
- Anjiyografik muayene odaları
- Premature bebek odaları

Grup 2 tıbbi odalarında, $RCD \leq 30$ mA kullanılarak beslemenin otomatik olarak kesilmesiyle koruma sadece aşağıdaki devrelerde kullanılır:

- Ameliyathane masalarının beslemesi için devreler
- X-ışını üniteleri için devreler;
- Beyan gücü ≥ 5 kVA olan büyük cihazlar için devreler
- Kritik olmayan (yaşam destekleyici olmayan) elektrik cihazları için devreler

Grup 2 tıbbi odalarında, tıbbi IT sistem aşağıdaki devreleri beslemek için kullanılacaktır:

- Elektriksel tıbbi cihazlar
- Yaşam desteği için kullanılması amaçlanan cihazlar
- Cerrahi uygulamalarda kullanılan cihazlar

- “hasta çevresinde” yerleştirilmiş diğer elektrikli cihazlar

TS IEC 60364-7-710 Standardı

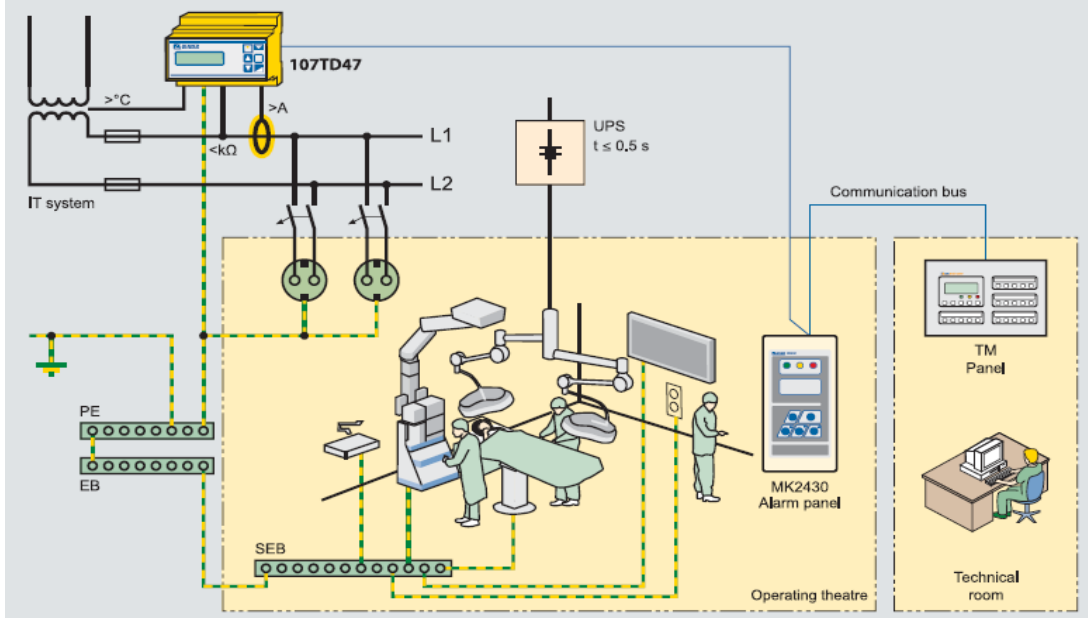
Bu standartlar, hastanelerde ve diğer tıbbi olarak kullanılan yerlerde elektrik tesislerinin planlanması ve kurulması için gerekli temel bilgileri içerirler. Birçok ülke izole güç sistemleri uygulamalarında ulusal ve uluslararası standartlara riayet etmektedirler.

Türkiye de her bir Grup 2 odalarının beslemesi TS IEC 60364-7-710 standardına uygun olarak; İzole güç sistemi, acil tranfer sistemi ve hata tespit sistemini içeren bağımsız bir İzole Güç Paneli üzerinden yapılmaktadır.

İzole Güç Sistemleri

İzole Güç Sistemleri tıbbi alanlarda grup 2 odalarında kullanılmakta olup, izole güç panoları ile izolasyon transformatörü, izolasyon izleme cihazı, alarm gösterge panelleri gibi yardımcı cihazlar ve test kombinasyonlarından oluşmaktadır.

İzole Güç sistemleri ile izolasyon hatası olduğu zaman, koruma ekipmanlarının açma yapıp sistemi enerji kesintisine uğratmaması, tıbbi elektriksel ekipmanların işlevlerine devam etmesi, hata akımlarının kritik olmayan değerlere düşürülmesi ve enerji kesintisinin önlenmesiyle elektriksel bir sorun yaşanmaması sağlanır.



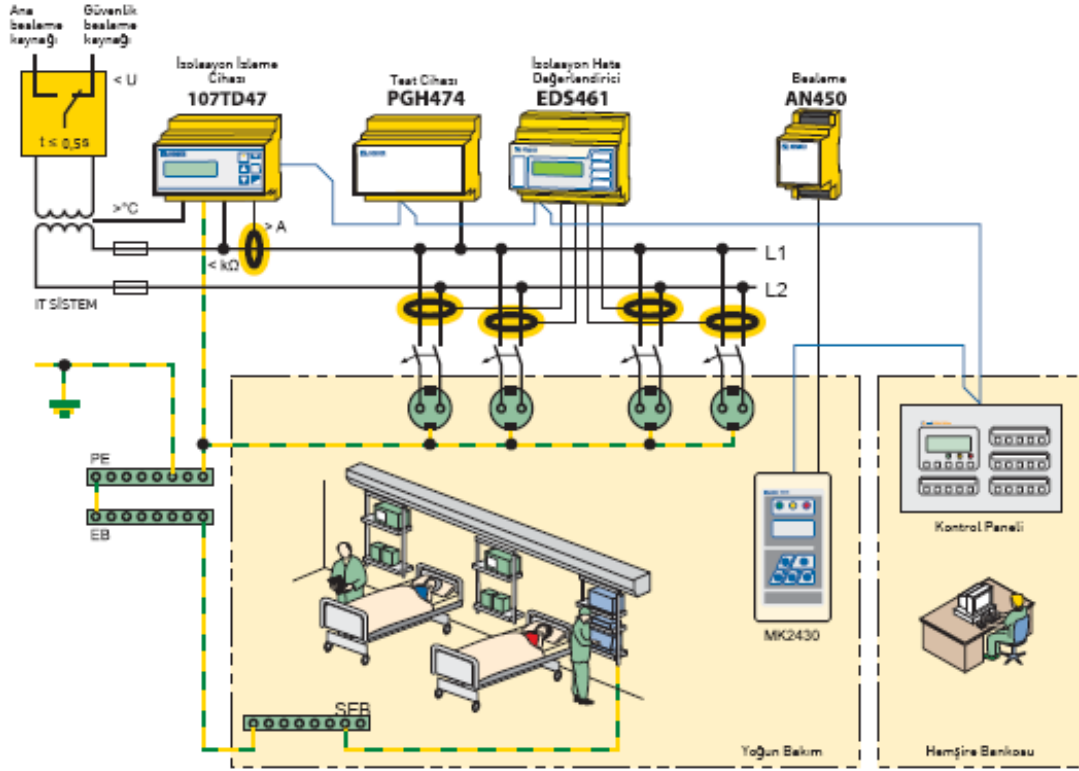
Şekil 9. Ameliyathaneler için Örnek Tesisat Şeması

İzole güç sistemlerinde, izolasyon seviyesi sürekli izlenir ve hatayı 50 kΩ dan az olmamak kaydıyla ayarlanabilen seviyede algılayarak alarm sinyaline dönüştürür. Söz konusu alarm, iki ayrı alarm panelinden izlenerek Ameliyathanelerde kontrol panelleri üzerinden, diğer odalarda hemşire yada teknik personelin kolaylıkla duyup kontrol ve müdahale edebileceği bir bölümde yer almaktadır. Uzaktan izleme amacıyla kullanılan alarm panelleri ise nöbetçi personel odası yada teknik servis odasında yer almaktadır.

İzolasyon seviyesinin dışında transformatör sıcaklığı ve yük akım bilgisi sürekli izlenerek, nominal değerlerin dışına çıktığında derhal belirlenmesi ve alarm verilmesi sağlanır. Güç beslemesinde kesinti olmaz. Sistemde oluşabilecek ikinci bir izolasyon hatasının önüne geçilerek sistem sürekliliği sağlanır.

Hata Tespit Sistemli, Transfer Üniteli İzole Güç Panoları

Hata tespit sistemli, transfer üniteli izole güç panoları, grup 2 odalarında her hangi bir izolasyon arızasının linie bağlı hızlı tespitini sağlayan ekipmanlardan oluşturulmuş en kapsamlı izole güç panolarıdır. Test akım üretici, izolasyon hata değerlendirici ve toroidal akım trafoları ile donatılmış bu panolar, izolasyon trafosunun, izolasyon izleme cihazının, yük akım trafosunun ve transfer modülünün hızlı haberleşme ve tetkik kapasiteleri sayesinde, hatanın nereden kaynaklandığının bilgisini çok kısa sürede belirleyip, müdahalenin en az vakit kaybıyla gerçekleşmesini sağlamaktadırlar. Süreç, izolasyon izleme cihazının bir hata saptaması akabinde test akım üreticinin oluşturduğu akım sinyali ve ölçü akım trafolarının test akımlarını bir cevap sinyali oluşturmak kaydıyla değerlendirilmesi sonucunda hatanın saptanması ve bunun uzaktan izleme cihazlarına aktarılmasıyla tamamlanmaktadır.



Şekil 10. Hata Tespit Sistemi Örnek Şeması

TS IEC 60364-7-710 standartlarının belirlediği sürelerde transfer işlemini gerçekleştiren ve yüklerin beslenmesinin sürekliliğini öngören transfer modülü, iki hattın sürekli beslemelerini izleyerek, gerilimin $0,9 \times U_n$ altına düştüğünde ve $1,15 \times U_n$ üzerine çıktığında otomatik olarak transferi gerçekleştirir. Böylelikle besleme kaynağının arızasından yada besleme kablolarından oluşabilecek her hangi bir enerji kesintisi meydana gelmesi engellenir ve kritik yüklerin kesintisiz beslenmesi sağlanır.

SONUÇ

Tıbbi alanlarda IT sistem ile, hata akımı kritik olmayan seviyelere düşürülerek hasta ve personelin elektrik enerjisinden etkilenmesi önlenir ve güç beslemesinin sürekliliği sağlanır, ayrıca yüksek maliyetli tıbbi cihazların elektrik arızalarına karşı korunması sağlanır. Bu nedenlerden dolayı ve standartlar gereği ameliyathane, yoğun bakım ve prematüre bebek odaları gibi

Grup 2 alanlarında IT sistem kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1) TS IEC 60364-7-710 : 2004 Özel Tesisat veya Mahaller İçin Özellikler – Tıbbi Mahaller
- 2) TS EN 61558-2-15 : 2003 Tıbbi Mekanların Güç Beslemesinde Kullanılan Ayırma Transformatörleri İçin Özel Kurallar
- 3) W. Hofheinz (2001) Tıbbi Alanlarda Elektriksel Güvenlik - ETMD Yayınları
- 4) Bender (2002) Hospital Engineering