

RÜZGAR SANTRALLARININ TEMEL ÇALIŞMA İLKELERİ VE KORUMA YÖNÜNDEN ŞEBEKEYE BAĞLANTI KRİTERLERİ

Deniz KÜLTÜR

Sarper BAŞAK

sarper.basak@aerowind.com.tr

Demirer Holding A.Ş.

ÖZET

Rüzgar enerjisi; talep edilenle üretilen arasında ayar olanağı olmayan ve rüzgara bağlı olarak her an değişen bir enerji türüdür. Rüzgar tarafından döndürülen kanatların, generatör milini tahrik etmesiyle üretim yapılır. Grupların üretim yapmasında, minimum ve maksimum rüzgar hızları tasarımıdır. Bu limit hız değerleri, yapımçı firmalar tarafından verilmektedir. Minimum rüzgar hızının altında üretim yapılmamakta, aşırı rüzgar ve kuvvetli fırtınalarda ise, gruplar devreden çıkmaktadır. Üretim parametreleri; rüzgarın hızı, esme yönü, ortam sıcaklığı ve hava basıncıdır. Kanatlar, bu parametrelere bağlı olarak pozisyon değiştirmekte, gerekli kumandalar; üretici firmalar tarafından hazırlanan bilgisayar programı ile otomatik olarak verilmektedir. Şebeke gerilimi ile üretilen gerilim, D.A. bazında kıyaslanarak otomatik senkronizasyon sağlanmaktadır. Ülkemizdeki uygulaması böyledir. Gruplar, klasik santrallerde görülen mekanik kesiciler yerine transistör sistemleri üzerinden şebekeye bağlandığı için, devreye giriş ve çıkışlar darbesiz olmaktadır. Şebeke arızalarında ise grupta ayarlanan belli gerilim limitleri içinde transistörler hemen devreyi açmaktadır. Arızayı besleme akımı ise, transistör grupları tarafından sınırlandırılmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak, grubun devreden çıkma ve kendini bloke etme zamanının 100ms'den büyük olmaması önerilmektedir. Düşük gerilim korumanın zaman bazı 50ms' de tutulmaktadır. Harmonikler yönünden özellikle 3. harmoniklerin şebekeye çıkmaması bakımından, grupların yükseltici trafolarının O.G. primer sargıları üçgendir. Y.G.(154 kV) hat arızalarında; gruplarla, hatları koruyan mesafe koruma röleleri arasında selektif çalışma durumları, tarafımızca etüt edilmektedir.

1. SANTRALİN TEMEL ÇALIŞMA İLKELERİ

Üretimde iki tip jeneratör kullanılmaktadır.

1.1. Asenkron Jeneratör

Makine senkron devrin üzerinde döndürülür ve ikaz için ihtiyacı olan reaktif enerjiyi, bağlı olduğu şebekeden alır.

1.2. Senkron Jeneratör (Enercon Senkron Jeneratör Kullanılmaktadır)

Makinanın ikaz ve stator sargıları ayrıdır. Rotoruna ikaz akımı olarak A.C.'den doğrultulmuş D.C. akımı verilir ve kutup çifti sayısına uygun olarak devir sayısı; $n=60.f/p$ 'dir.

Burada; $f=50$ Hz, p =çift kutup sayısını, n =devir/dakika'yı belirtmektedir.

NOT: Yukarıda verilen denklem; arada inverter olmayan senkron jeneratörler için geçerlidir.

Bu santrallerde, rüzgarın hızı sabit olmadığı için elde edilebilecek A.C.

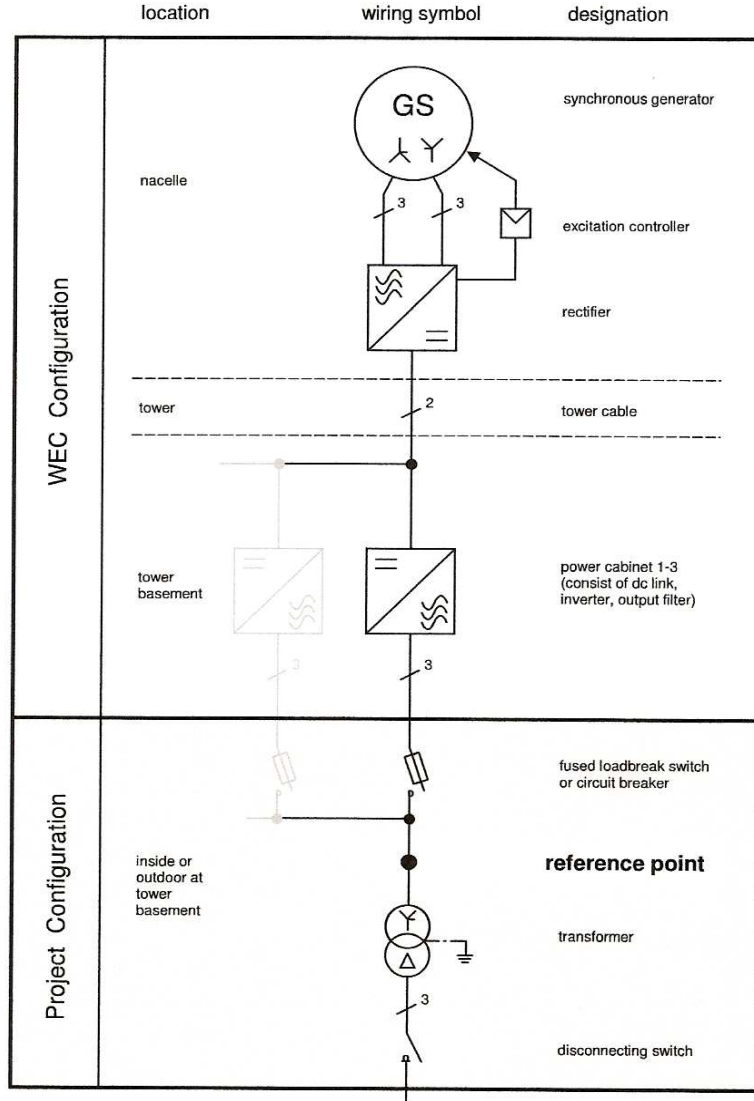
gerilimin genlik ve frekans değerleri de sabit değildir. Bunun için şebeke gerilimi ve frekansı referans alınarak, generatör üretimi (genlik ve frekans) buna adapte edilmektedir. Şebekeden alınan A.C. referans gerilimi D.C.'ye çevrilmekte, makinanın değişken olan A.C. genlik ve frekans değerleri yine değişken olan bir D.C. gerilimine çevrilmekte, iki D.C. gerilimi kıyaslanmakta ve tam eşitlik sağlandığında izole kapılı bipolar transistör devreleri ateşlenip ilettime geçmekte ve iki sistemi birbirine bağlamaktadır.

Bu sistemin bağlantıları (mekanik deyimle senkronizasyon), mekanik kesicilerle değil, statik olarak yapılmaktadır. Bunun da nedeni, şebekede darbeleri önlemek ve işlemi çok hızlı yapmaktır. Enerjinin şebekeye adaptasyonu, bir bilgisayar programıyla olmaktadır.

Bilinmesi gereken en önemli husus; şebeke gerilimi olmadan enerji üretilemez ve dolayısıyla bu üniteler müstakil bir bölgeyi besleyemezler.

2. TEK HAT ŞEMASI

Ünitenin orijinal tek hat şeması Şekil-1'de verildiği gibidir.



Şekil-1 [1]

3. ÜNİTENİN İŞLETME ÖZELLİKLERİ

3.1 Güç Faktörünün Ayarı

Reaktif güç ve güç faktörünün ayarıyla, generatörün bağlı olduğu şebekede, reaktif güç kompanzasyonu yapılabilir. Özellikle alıcılarda reaktif güç kopmanzasyonu yoksa, bu işlem de generatör tarafından kompanze edilebilir.

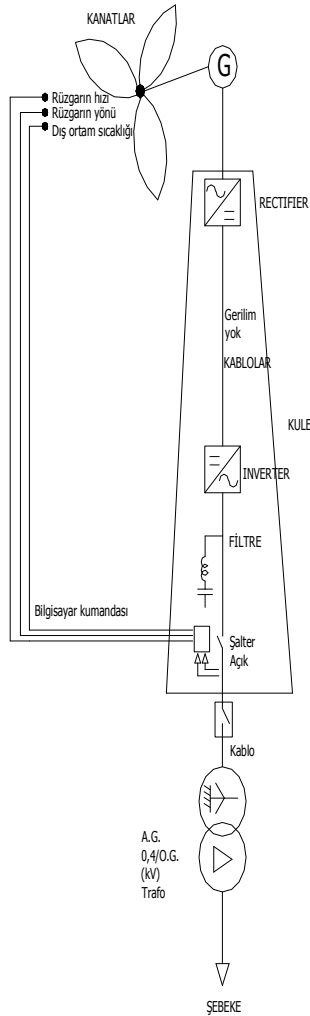
3.2 Rüzgar Özelliğine Göre Şebekeyi İzleme

3.2.1 Şekil-2'de görüleceği üzere rüzgarın hızı, yönü ve ortam sıcaklığı gibi üç ana parametre bilgisayara girer ve bu bilgilerin ışığında; yazılıma göre, kanatlara yön verilir. Sıcaklık parametresinde ise ısınan havanın yoğunluğu azalır ve yukarıya çıkar. Bu durum; türbinin, birim alan başına üretimini etkiler. Verilen enerji miktarı, ℓ hava ile

doğru orantılıdır.Bu konuda, bir hesap örneği sayısal olarak veril-miştir.Şekil-3 a ve b'de türbinlerin, rüzgar hızına göre güç diyagramı verilmiştir.

Belli bir rüzgar hızından sonra, kanatların yönü, bilgisayar tarafından ayarlanarak, türbin üretim yapmaktadır. 14 m/s'den sonraki rüzgar hızlarında, üretim sabit kalmaktadır.

3.2.2 Şekil-4'de, türbinlerin fırtınada devreden çıkmasıyla ilgili çalışma diyagramları verilmiştir.



Şekil-2 [1]

Türbinden alınacak maksimum enerji için $n=14$ m/s alınmıştır. Kanat boyu $L=24$ m için, taranan alan; $S=1808$

m^2 'dir.Alnacak maksimum enerji $W_{maks}=817,5$ kWh (E48 model türbin için) bulunur.

RÜZGAR VE ŞEBEKEYİ İZLEME

- 1) Rüzgar hızı
- 2) Rüzgar yönü
- 3) Dış ortam sıcaklığı

faktörleridir.

Türbinin birim alan başına 1 saat süreyle vereceği enerji:

$$W_w=0,5.D.C_p.l_{hava}.n^3(Wh/m^2)$$

Burada;

D:Saat cinsinden rüzgarın esme süresi

C_p:Rüzgar türbini güç faktörü

l_{hava}:Havanın yoğunluğu (kg/m³)

n:Rüzgar hızı, m/s

Örneğin:

D:1 saat

C_p:0,275,

l_{hava}:1,225 kg/m³

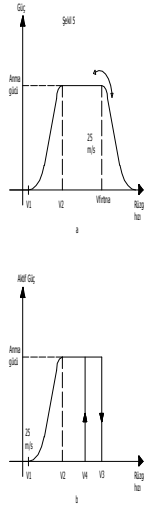
Kanat boyu:24 m ise kanadın dönerken taradığı süpürme alanı:

$$S=\pi.r^2=\pi.24^2\approx 1808 m^2, \text{ dir.}$$

Birim alan (m²) başına vereceği enerji:

$$W_w=0,5.1.1,225.(14 m/s)^3.0,27$$

$$W_w=452 Wh/m^2 \text{ veya } 0,452 kWh/m^2, \text{ dir.}$$



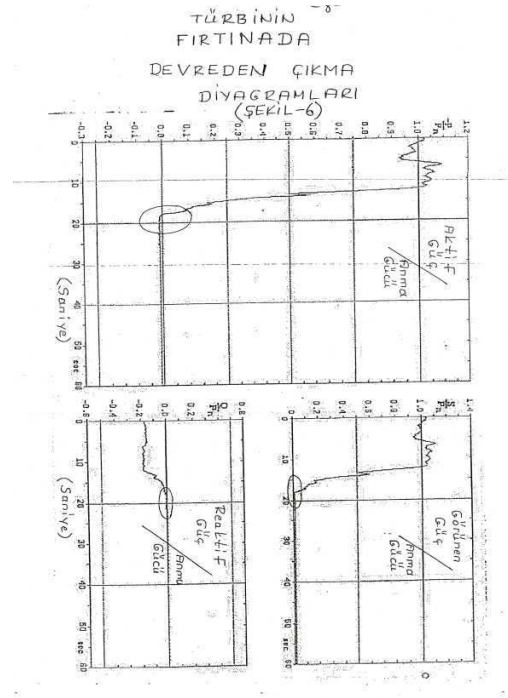
Şekil - 3 a ve b [1]

- V1=Hız anahatının kapanması
- V2=Anma gücündeki rüzgar hızı
- V3=Hız anahtarının açılması
- V4=Çalışma hızına geri dönme
- Vfirtına=Fırtınanın hızıdır.

Böyle bir durumda, türbin devreden çıkmaktadır. 25 m/sn'de 10 dakikada ya da >30m/sn rüzgar hızlarında ani duruş olmaktadır. Hızın km/s çevirmek için 3,6 ile çarpılması gerekir.

Trafonun gücü, türbin gücünden %15 daha fazla seçilmektedir. Trafonun aşırı akım, toprak ve buchholz gibi öz korumaları mevcuttur. Enerji ölçmesi, santrale bağlanan dört kadran programlı elektronik sayaçla yapılmaktadır.

Türbinin fırtınada çalışma özelliği, türbinin ve üretimin durumu, şekildeki diyagramlardan görülüyor. Üretim için minimum hız 2,5m/s'dir.



Şekil-4 [1]

3.3 ŞEBEKEYE BAĞLANMA VE SENKRONİZASYON

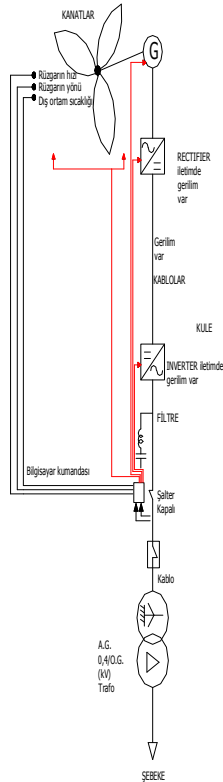
RES gruplarının bilinmesi gereken, diğer santral türlerinden en önemli farkı, mekanik kesicili sistemin olmayışıdır. **Generatörle şebeke arasındaki bağlantı, transistör ateşlemeleriyle otomatik olarak yapılmaktadır.** Sistemin işleyişi şöyle açıklanabilir:

3.3.1 Şebeke geriliminin kesilmesi veya belli bir değerin altına düşmesi durumunda (nominal gerilimin %85'den daha küçük olması durumu); transistörler, 1/2 periyot (10 ms) içinde ateşlemeyi keserek generatörü şebekeden otomatik olarak ayırmakta ve toplam 100 ms içinde Enercon rüzgar türbini (ya da türbin grubu), kendini bloke etmektedir. Eğer; rüzgarın hızı, diyagramda gösterilen limit değerler arasında ise devreden çıkan grup 90 saniye (1,5 dakika) içinde kendi kendini otomatik olarak transistörler üzerinden devreye bağlamaktadır. **Bu işlem için**

ayrıca bir senkronizasyon sistemine ihtiyaç yoktur.

Daha açık olarak; şebekeden alınan 50 Hz frekanslı ve nominal değerdeki gerilim, rüzgarın belli sınır hızlarda ürettiği değişken frekans ve modüldeki gerilimle (bu frekans 20-40 Hz arasında), bilgisayarın verdiği kumandalar ışığında ve doğru gerilim (DC) bazında kıyaslanmaktadır.

Referans gerilimin (şebekeden alınan), 400 Volt 50 Hz olması gerekir. Bu kıyaslama 1,5 dakika içinde yapılarak, transistörlere ateşleme kumandası verilmekte ve otomatik şebeke bağlantısı yapılmaktadır. Bunun da nedeni, hem hızlı çalışmak hem de şebekeye darbesiz girip çıkmaktır. Normal mekanik kesici ve insan kumandasıyla bu işlem yapılamaz. Şekil-5'de şebekeye paralel bağlanma şematik olarak gösterilmiştir.

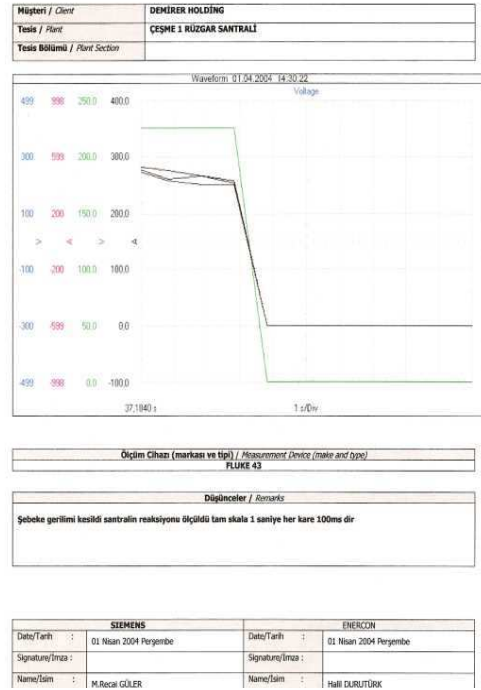


Şekil-5 [1]

3.4 DEVREDEN ÇIKMA TESTİ

01.04.2004 tarihinde; 34,5 kV Alaçatı T.M.'den beslenen Çeşme yakınındaki RES merkezinde, TEİAŞ Genel Müdürlüğü, TEİAŞ İzmir bölgesi, EPDK heyeti huzurunda yapılan testte; çalışmakta olan grupların 34,5 kV hat giriş besleme (O.G. ve A.G.) gerilimleri, kesiciler yardımıyla elle kesilmiş ve grupların davranışı, Şekil 6'da görüldüğü gibi bilgisayar üzerinden kayda alınmıştır.

Bu kayıttan görüldüğü gibi; gruplar 100 ms içinde bloke olmuş ve üretim kesilmiştir.



Şekil-6 [2]

4. JENERATÖR ÖZ KORUMALARI

4.1 Gerilime Bağlı Koruma

400 Volt nominal gerilime bağlı olarak, generatörün çalışabileceği alt ve üst sınır değerleri verilmiştir. Gerilimin 360 V (%90.Un) ve 440 V (%110.Un) sınırlarını aştığında, generatör devreden çıkmaktadır.

Aşırı gerilim korumalarında, toplam açma zamanı 100 ms'den küçüktür.

Gerilim seviyesi, nominal gerilimin %10-15 altına düştüğünde, IGBT (İzole kapılı bipolar transistör) ½ periyotta (10 ms) ateşlemeyi kesmektedir.

4.2 Aşırı Akımda Çalışma

Şebeke arızalarında, RES gruplarının performansı, transistör sisteminin ateşlemeyi kesmesi için gereken aşırı akım değeri baz alınmakta ve generatörler sabit akım kaynağı gibi gözönüne alınmaktadır.

Örneğin; 800 kW'lık bir türbinin 100 ms içerisindeki kısa devre katkısı nominal akımının 1,3 katı kadardır.

Örneğin; E48 tipinde üç adet transistör sistemi paralel bağlı olduğundan, $I_{kmax} = 3 \times 495 \text{ A} = 1485 \text{ A}$ çıkmaktadır. Bu değer sistem parametrelerine bağlı değildir.

4.3 Aşırı – Düşük Frekans Koruma

Sistemdeki frekans değişimlerinde, generatörün aşırı ve düşük frekanslara karşı koruma değer sınırları ayarlanabilir.

Kısa devrelerde oluşan sistem arızalarında, arıza akımının frekansı 50 Hz kabul edilir, bu husus türbinler için geçerlidir. Sistem üretim düşmelerinde veya arz-talep dengesizliğinde, şebeke frekansının alt ve üst sınırların altına düşmesinde, 100 ms içinde gruplar devreden çıkar.

4.4 Hız – Güç Değişimleri

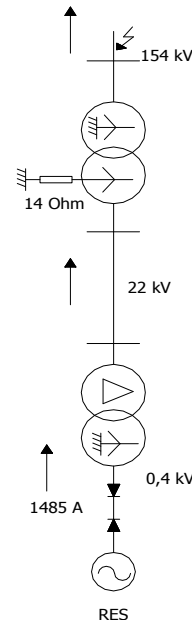
Özellikle fırtınalarda, rüzgar hızının öngörülen sınır değeri aşması durumunda, senkronizasyon bozulacaktır. Bu durumda, transistörler ateşlemeyi kesecek, şebekeyi besle-

meyecek ve rüzgar hızını ve şebekeyi izlemeye devam edecektir. Rüzgar hızının tekrar üst limit değerinin altına inmesi durumunda, 1,5 dakika içinde (eğer sistem gerilimi varsa), kendi kendine senkronize olacaktır.

5. TEİAŞ SİSTEM ARIZALARINDA RES (WEC) GRUPLARININ PERFORMANSI

5.1 Tek Bir Grubun Performansı

Şekil-7'de görüldüğü gibi tek bir E48 tipi generatör için, 154 kV TEİAŞ sisteminde bir arıza oluştuğunda; daha önce açıklandığı gibi, RES grubu, sabit bir akım kaynağı gibi düşünülecek ve transistör sistemi göz önüne alınarak en fazla; E48 için, $3 \times 495 \text{ A} = 1485 \text{ A}$ akıma izin verilecektir.



Şekil-7 [3]

Bu akımda, transistör sistemi ½ periyot (10 ms) içinde ateşlemeyi kesecek ve grup 100 ms içinde bloke olacaktır. Bu çok kısa süreli akım,

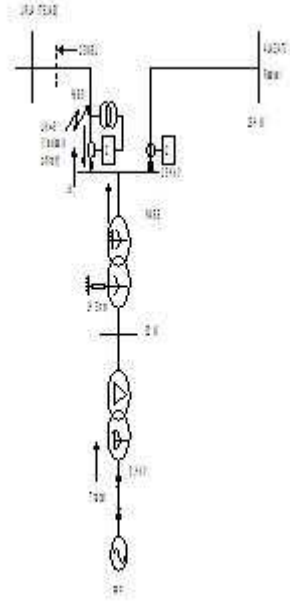
22 kV'ta $I_{k22} = 0,4 \text{ kV} / 22 \text{ kV} \times 1485 \text{ A} = 27 \text{ A}$, 154 kV'ta $I_{k154} = 27 \text{ A} \times 22 \text{ kV} / 154 \text{ kV} = 3,85 \text{ A}$ 'e tekabül edecektir.

Örneğin; MARE T.M. için; bütün grupların çalışması durumunda;

$I_{k154} = 49 \times 3,85 \text{ A} = 188,65\text{A}$, sekonder devrede ise $I_{k154s} = 188,65 / (800 / 5) = 1,18\text{A}$ çıkar (komple santral).

5.2 Hattı Korumak İçin Konulan Mesafe Koruma Rölesi Yönünden Koruma Analizi

5.2.1 Urla-Alaçatı 154 kV hattına girdi - çıktı olarak tesis edilen MARE T.M. ve benzeri T.M.'lerde çıktı hattının radyal olması halinde (şu anda Alaçatı T.M. radyaldir); MARE T.M.'nin hemen çıkışındaki 1 no'lu yerde oluşacak arızada; buradaki mesafe koruma rölesinin performansının ne olacağı konusu, tarafımızdan incelenmiştir.

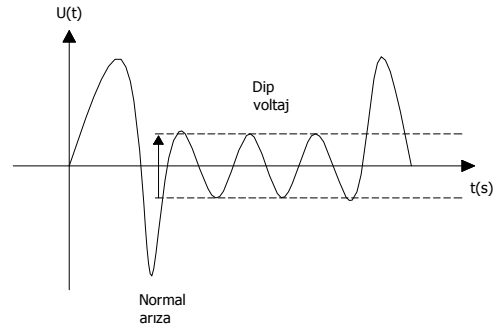


Şekil-8 [3]

Arızanın analizi; hatta konulan mesafe koruma rölesi, tipi ve yapısı ne olursa olsun, bütün mesafe koruma rölelerinin başlatma alabilmesi için, minimum değerde bir akımın geçmesi gerekir. Yani; başlatma elemanları, düşük gerilim rölesi gibi çalışmazlar. başlatma

5.2.2 Jeneratöre Uzaktaki Geçici Bir Arızada

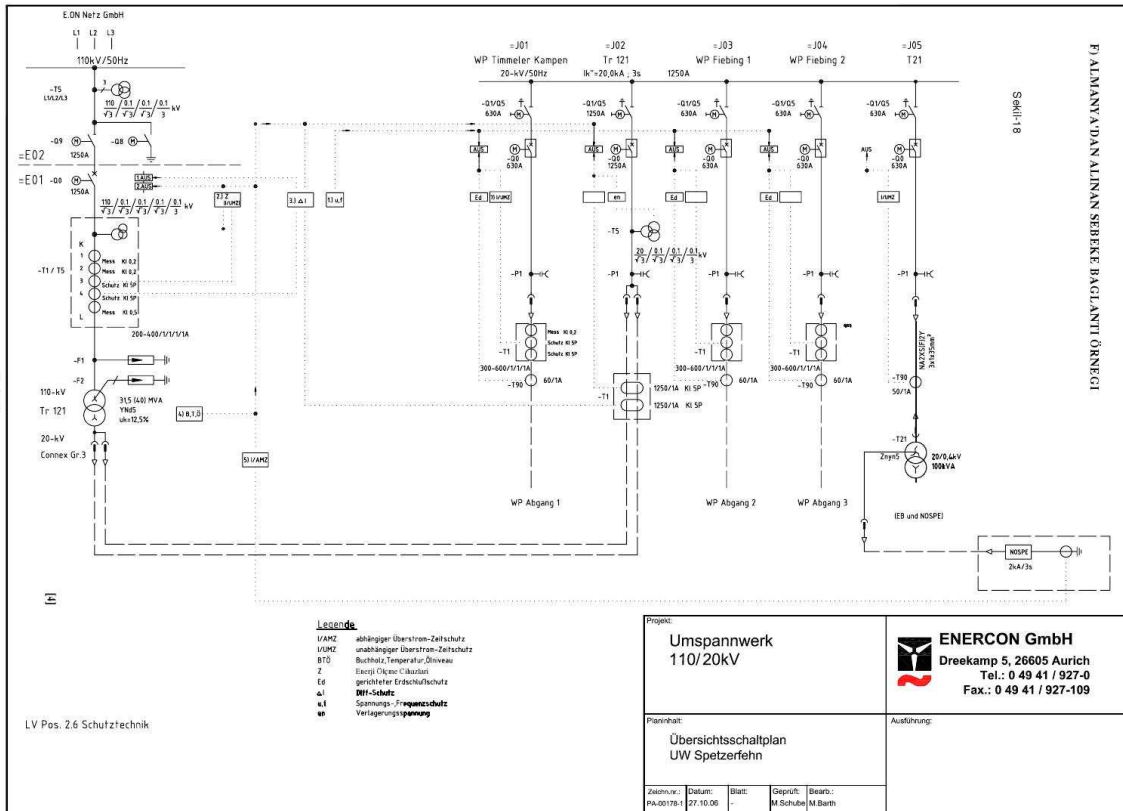
Şekil 9'da görüldüğü gibi, kısa devrenin olduğu faz geriliminde, geçici olarak "dip voltaj" denilen bir düşme meydana gelir. Transistör sisteminin aşırı ve düşük gerilim ayarları + / -%15. Un'dir. Bu değer bulunduğunda ve ilerideki arızanın 0,1 s devam etmesi halinde, transistör sistemi otomatik olarak ateşlemeyi kesecektir. Yükseltici trafoda ise gerilime bağlı bir koruma olmadığı için, trafo devreden çıkmaz ve uzaktaki arıza temizlenip durum normale döndükten sonra, transistörler ateşlemeye başlar, 90 saniye içinde de sistem otomatik olarak üretime devam eder.



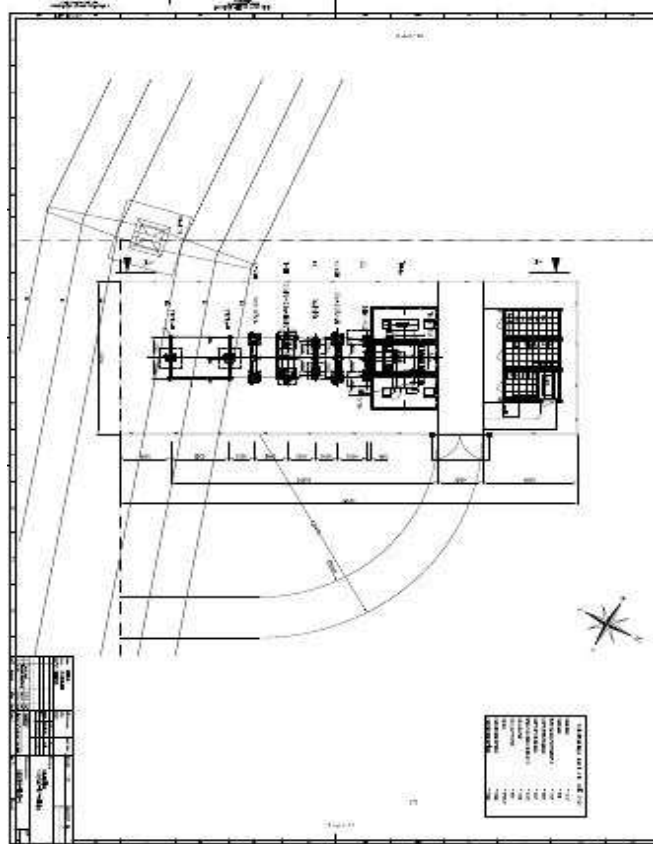
Şekil-9

5.2.3 Yükseltici trafonun içinde bir arıza olursa, trafo öz korumaları çalışıp, O.G. çıkışındaki kesiciyi açtırır veya sigortayı attırır. Bu durumda kesinti olur ve dışarıdan müdahale gerektirir.

5.2.4 RES gruplarının şebekeye bağlanması, tristör üzerinden olduğu için, giriş-çıkışlar ve arızalarda, darbe akımının D.A. bileşeni süzülür ve arıza akımının yalnızca simetrik bileşeni geçer. Örneğin $I_n=1156\text{A}$ olan bir grup, arıza akımı olarak şebekeye $1156 \times 1,3 \approx 1500\text{A}$ enjekte eder.



Şekil-10 [4]



Şekil-11 [4]

SONUÇ

Rüzgar santralleri, dünyanın birçok ülkesinde kurulan ve rüzgar kalitesinin ölçümler neticesinde uygun görülen yerlerinde üretim yapan alternatif bir enerji türüdür. Ülkemizde de son yıllarda üretim tesisleri kurulmuş ve kurulmaktadır. Dışa bağımlı olmaması, bitmeyen kaynağı, yakıt için tesise gerek olmayan, ücret ödenmeyen, kısa zamanda kurulan pratik ve ekonomik olması nedeniyle yatırıma elverişlidir. Ancak EPDK kararı gereğince, kurulacak üretim merkezinin toplam nominal gücünün (MW), enerji vereceği baranın kısa devre gücünün MVA değerinin %5'ini aşmaması gerekmektedir. Bu sınır, Almanya ve diğer Avrupa ülkelerinde ortalama %14 olmaktadır. Tesisin devamlı üretim kapasitesinin kurulu gücün ortalama olarak %35 civarında olduğu, istatistikler neticesinde görülmektedir.

Transistör sistemleri, arıza akımını belli bir seviyede kesmek zorunda olduğu için, zayıf bir besleme kaynağıdır. Dolayısıyla, Y.G. iletim hatlarında oluşacak arızalarda, mesafe koruma röleleri ile çalışma durumları, bir şebeke modeli üzerinde, tarafımızca etüt edilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Enercon Teknik Dökümanı: E-40/30, Wind Energy Converter, Steady State Short-Circuit Calculations

[2] SIEMENS Ölçme

[3] RES-TEİAŞ Şebeke Bağlantısının Tek Hat Şeması

[4] RES Ünitesinin, Almanya Şebekesine Bağlantı Örneği