

dağıtım trafolarının seçimi

Nihat TAYLAN

UDK: 621.314.21 : 621.316

ÖZET

Bir güç dağıtım şebekesinde dağıtım trafolarındaki nominal güç, dağıtım şebekesinde kaybolan gücü minimum yapacak şekilde tasarlanmalıdır. Eğer bu kural gözönünde tutulmazsa, güç kaybı kabul edilemeyecek düzeye çıkar. Diğer yandan, ekonomik bir kısıtlama gözetilmese tasarımın maliyeti çok büyür. Bu nedenle tasarımın teknik ve ekonomik yönleri arasında bir denge kurularak optimal bir yaklaşım gerekir. Bildiri, bu problemi, özellikle Türkiye'deki uygulama olanakları açısından tartışmaktadır.

SUMMARY

The power rating of the equipment and other related items such as cables in a power distribution network must be designed so that a minimum of energy is lost in the distribution system. If this rule is not observed the energy losses may be unacceptably high. If on the other hand an economic limitation is not taken into consideration the design can be too costly. Therefore a trade off exist between the technical and the economical aspects of the design leading to an overall optimal approach. The article discusses this problem with a particular emphasis on the application prospects in Turkey.

Ülkemizde son zamanlarda yılda tahminen 20 000 adet dağıtım trafosu kullanılmaktadır. Gereksiz olarak her bir trafoda bir üst güç kademenin kullanılması halinde fiyat farkı ortalama 20 000 TL olduğuna göre sadece trafolarda her sene 400 milyar TL boşuna sarf edilmiş olacaktır. Yanlış seçimden dolayı meydana gelen fazla kayıplar daha acıklı bir tablo çizmektedir.

Örneğin 80 kVA yerine gereksiz olarak 100 kVA seçildiği düşünülürse sadece boşta demir kaybı farkı 60 W'tır. Bunun bir yıllık değeri ise $60 \times 8760 = 525 \text{ kWh}$ olur. Ülkemizde halen 150 000 civarında dağıtım trafosu vardır, bunun 50 000 adedinin tesadüfen doğru seçildiğini kabul edersek, geriye kalanların meydana getirdiği boşta kayıp;

$$525 \times 100\,000 = 52\,500\,000 \text{ kWh olur.}$$

Bu sayıya bundan sonra her yıl 20 000 trafo daha eklenebileceği düşünülürse işin önemi ortaya çıkar. Enerji sıkıntısının had safhada olduğu şu günlerde generatörlerimizden bir tanesi sırf bu

Nihat Tay lan, ESAS

kayıplar için çalışıyor demektir. Konumuz dışı olan orta ve büyük güç trafolarında da yanlış seçilenler bu hesaba eklenirse durumun ne kadar önemli olduğu rahatça görülür.

Bunun yanında ülkemizde zor hesaplardan ve seçici koruma hesaplarından kaçınmak amacı ile hâlâ dal-budak şebekeyi dağıtım şebekesi olarak kullanmak, hem kayıpları ve malzeme sarfını artırmakta, hem de işletme emniyetini düşürmektedir.

Ayrıca dal-budak şebekede alıcıların bağlandığı noktalarda gerilim düşümleri gözlü şebelere nazaran 4 misli daha büyük olmaktadır, bunun da endüstriye ne kadar zararlı etki yaptığını görüyoruz. Dal-budak şebekede ilk kuruluştaki geleceği düşünerek trafo gücünü ve kablo kesitlerini büyük rezervli tutmak veya her yeni grubun bağlandığında trafo gücünü ve kablo iletken kesitini artırmak gerekir (Ülkemizde yapıldığı gibi). Aynı güç ve aynı gerilim düşümünde dal-budak şebeke yatırımı, gözlü şebekeye nazaran % 40 daha fazladır.

Enerji üretimi+yüksek gerilim dağıtımı+orta gerilim şebekeleri+alçak gerilim şebekeleri sisteminde, yani enerjinin oluşumundan müşteriye sunumunu sağlayan sistemde orta ve alçak gerilim şebekelerinin yatırım giderlerinin % 50 olduğu bilindiğine göre, ülkemizde incelenmesi ele alınmayan bu konunun önemli kendiliğinden meydana çıkar. Dördüncü Beş Yıllık Plana göre 1987 yılına kadar 123 milyar TL enerji üretim tesisleri, 228 milyar TL iletim ve dağıtım sistemlerinin yatırım gideri olarak hesaplanmıştır. Bu miktarların 175 milyar TL'si orta ve alçak gerilim şebekeleri için sarf olunacaktır. Ayrıca 1987'den sonra bu rakamların çok katlı olarak artması gerektiği bilinmektedir. Buna göre orta ve alçak gerilim şebekelerinde sadece trafo seçimi değil, ciddi araştırmaların yapılmasının neler sağlayacağı meydana olup, enerji ile ilgilenen her teknik elemanın bu konuya eğilmesi ülkede büyük enerji tasarrufu sağlayacaktır.

Orta ve alçak gerilim şebekelerinin, belli bir süreç içinde (20-30 sene) yıllık giderleri (kapitali geri ödeme gideri+kayıp gideri+işletme gideri) minimum olacak şekilde planlanmalıdır. Ayrıca orta ve alçak gerilim şebekelerinin genişletilme (tevsii) giderleri yüksek gerilim şebekelerinden daha fazla olduğu için ileriki yük artışlarını hesaba katan çok titizce hazırlanmış bir planlama gerekir.

Avrupada büyük kentlerde kayıplar % 13 dolayındadır. Memleketimizde aynı büyüklüklerdeki şehirlerde kayıpların çok daha büyük değerler aldığını biliyoruz, buna göre elektrik aygıtları, kablo ve iletkenleri ve şebeke planlamasını optimum seçmekle ve bütün sanayi alıcılarına kondansatör ilave etmeyi sağlamakla uzun seneler çekeceğimiz enerji sıkıntısında oldukça büyük ferahlama temin edilmiş olacaktır. Konu dışı olmakla beraber bir çalışmamızın sonucunu burada belirtmek yerinde olur; TEK'in indirici trafo merkezlerine bağlanacak uygun kondansatörler vasıtası ile santrallerdeki generatörleri Cos<J>'yi bire yakın çalıştırmakla, kayıplardaki düşmeler ve hatların boşalması bir yana 456 MW tasarruf sağlanabiliyor. Yani bir Elbistan santrali; bu kondansatör ilave işlemi (ithal ve montaj) iyi bir organizasyon ile 5-6 ay içerisinde gerçekleştirilebilir.

A) DAĞITIM ŞEBEKELERİ

Elektrik şebekelerinin dal-budak, ring veya gözlü şebeke olarak seçilmesinde yük yoğunluğu, yük ağırlık merkezlerinin miktarları ve besleme emniyeti rol oynar. Dağıtım trafoları alıcı (tüketici) alanında ya bir noktada toplanır veya sahanın değişik noktalarına yerleştirilir. Çoğu kez yük ağırlık merkezlerine yerleştirilir; böylece alçak gerilim şebeke kablolarının uzunlukları, kesitleri ve dolayısıyla kayıpları ekonomik sınırlar içinde tutulabilir.

DAĞITIM ŞEBEKE CİNSLERİ

1. Dal-Budak Şebekeler

Dağıtım küçük alıcıları besler, besleme emniyeti düşüktür. Bu şebekelerde koruyucu sistemler olarak sigortalar, aşırı akım röleli şalterler kullanılır.

2. Ring Şebekeler

Değişik güçteki ve birbirinden uzakta birçok alıcıları besler, işletme emniyeti yüksektir. Bu şebekelerde sigorta, seri açan aşırı akım röleli şalterler kullanılır.

3. Gözlü Şebekeler

Değişik çeşitte alıcıların bağlandığı birçok yük ağırlık merkezlerinin beslendiği şebekelerdir, besleme emniyeti çok yüksektir. Bu şebekelerde sigorta ve röleli gözlü şebeke şalterleri kullanılır.

Ring ve gözlü şebekeler yük alışverişini sağladığı ve dolayısıyla şebeke gerilimini sabit tuttuğu gibi tam bir işletme emniyeti de sağlar. Ayrıca yük atmalarını da kolaylıkla karşılar. Bunlardan başka bu tip şebekelerde kayıplar ve tesis masrafları daha düşüktür. Gözlü şebekelerde toplam gücü karşılayan tek bir trafo merkezi kullanılmayıp, bunu ufak güçlere ayırıp uygun düğüm noktalarına yerleştirmekle şebeke iletken ve kablo kesitlerini küçültmek mümkün olur. Bu trafo merkezlerini seçerken her bir trafo merkezinin besleme sahası yarı çapı 300 metre mesafeyi geçmeyecek şekilde düşünülmelidir.

B) DAĞITIM TRAFOLARI SEÇİMİ

Şebekelerde kullanılan dağıtım trafoları 1600 kVA güce kadar olan trafolardır. Bunlar üretim çeşidine göre:

- Yağlı trafolar
- Askarel trafolar (Klofenli trafolar)
- Kuru trafolar

olarak üç grupta toplanmıştır. Bunlardan klofenli trafo yangın tehlikesinin mümkün olabileceği yerlerde kullanılır. Zira klofen soğutma ve izolasyon temin edici özelliğinin yanı sıra yangını, alevi, arkı söndürücü özelliği de haizdir. Ayrıca yağa nazaran kimyasal ve ihtiyarlama mukavemeti çok yüksek olduğundan bakım giderleri çok düşüktür. Yağlı trafolar yangın tehlikesine karşı özel

tedbir almaya gerek olmayan yerlerde kullanılır. Kuru trafolar ise yer darlığı olan yerlerde kullanılır ve yarucu olmayan reçine veya silisyum ile izole edildiklerinden yangın tehlikesi olan yerlerde de kullanılabilirler.

Dağıtım trafolarında bağlantı şekli olarak yüksek gerilim sargıları yıldız veya üçgen, alçak gerilim sargıları ise yıldız veya zikzak tercih edilir. Bunlardan Yyo bağlantı şeması 1600 kVA güçlü trafolar kadar kullanılır. Yıldız noktası nominal akımın % 10 değerine kadar devamlı yüklenebilir, Z 25'ine kadar 1,5 saat ve % 20'sine kadar 3 saat yüklenebilir. Bu bağlantı motor alıcılarının bağlandığı şebekeler için uygun olup, yüksek temas gerilimine (sıfırlamada) karşı tedbir alınmış şebekelere uygun değildir. Bu bağlantıda primerin yıldız noktasını iyi bir şekilde topraklamak gerekir, aksi halde sekonderde aşırı gerilimler meydana gelebilir. Dy5 bağlantı şeması ise 315 kVA güçlerin üstünde kullanılır. Yıldız noktası nominal akımla devamlı yüklenebilir. Bu bağlantı köy ve endüstri şebekeleri için uygundur. Üçüncü harmonik ve zayıf akım bozucu (radyo enterferans) tesiri yoktur. Dengesiz yüklenme tehlikesine karşı da uygundur. Bağlantı grubu Yz5 (Yıldız-Zikzak bağlantı) 250 kVA güce kadar kullanılır. Yıldız noktası nominal akımla devamlı yüklenebilir. Köy ve endüstri şebekeleri için uygundur. Kuru trafolarında bağlantı grubu genellikle Yyo veya Dy5 olarak seçilir.

Dağıtım trafolarında gerilim düşümünü küçük tutabilmek, yük darbelerinin büyük gerilim düşümleri meydana getirmesini önleyebilmek için trafo kısa devre gerilimi $U_k = \% 4$ dolayında alınır. Büyükçe güçlü endüstri tesislerinde buna karşılık kısa devre akımını küçültebilmek için kısa devre gerilimi % 6 alınır. Muhtelif noktalardan beslenen dağıtım şebekelerinde trafolar arasındaki mesafe 300 metrenin altında ise kısa devre empedansları eşit alınmalıdır.

Konunun en kritik yönü en uygun (optimum) trafo gücünün seçilebilmesidir. Trafo gücü gereğinden büyük seçilirse trafo, trafo merkezi ve merkezden çıkan iletken ve kabloların maliyetinde gereksiz yükselmeler olacak, kayıplar aşırı derecede artacaktır. Trafolar gereğinden küçük seçilirse bu defa da kısa zamanda genişletmeye gitmek gerekecek, bu da ek bir masrafi getirecektir.

Optimum trafo gücünü tesbit için önce "eşzamanlılık" (*diversite*) faktörünü seçmek gerekir. Eşzamanlılık faktörü (g) çekilen maksimum gücün şebekeye bağlanan alıcıların nominal güçleri (plaka güçleri) toplamına oranıdır. Bütün alıcı veya alıcı gruplarının aynı zamanda devreye girmemesi veya kısmi yük çalışması sebebi ile bu faktör birden küçüktür ($g < 1$). Alıcı adedi çoğaldıkça ve alıcı çeşidi arttıkça faktör küçülür. Ayrıca ring ve gözlü şebekelerde bu faktör dal-budak şebekelerinden daha küçük değerdedir.

Eşzamanlılık faktörünü seçerken gelecekteki yük artışlarını da hesaba katmak gerekir. Eşzamanlılık faktörü deney ve benzeri şebekelerde yapılan ölçmelerle saptanabilir. Köy ve kasaba elektrifikasyonu dağıtım şebekelerinde birçok alıcıların bağlandığı ana dağıtım iletken veya kablolarında bu faktör (0,5) ve bir veya iki alıcının bağlan-

dığı iletken veya kablolarında 0,7 alınabilir. Bu şebekeleri besleyen trafoların gücünün saptanmasında dal-budak şebekelerde 0,12-0,45 arasında, gözlü şebekelerde ise 0,1-0,27 arasında, endüstri şebekelerinde bu faktör, motor ve diğer alıcıların miktarı gözönüne alınarak ve bu alıcıların yüklenme değerleri tesbit edilerek 0,4-0,8 arasında seçilir. Örnek olarak Almanya'da asenkron motor üreten bir fabrikada 5 adet 315 kVA trafolu gözlü şebeke ile beslenen ilave takım tezgahları ve presler atölyesi için Siemens mühendisleri eşzamanlılık faktörünü 0,42 alarak trafo güçlerini tesbit etmişlerdi. Örneğin 25 000 ışık bir dokuma fabrikasında bu faktör rahatlıkla 0,5 alınabilir. Bu örnekler bir fikir vermek içindir. Optimum bir seçimde şebekeye bağlanacak aygıtların çalışma rejimlerini iyi incelemek gerekir.

Seçilen eşzamanlılık faktörünü alıcıların Kurulu güçlerinin (nominal güç) toplamı ile çarparak şebekeyi besleyecek güç elde edilir.

Bundan sonra gözlü şebekede trafoların biri herhangi bir nedenle devreden çıktığı zaman geriye kalan diğer trafolar % 20 aşırı yüklenme ile bu gücü verebilecek şekilde trafo sayısı saptanır. Eğer tesis, alçak gerilim tarafından veya yüksek gerilim tarafından paralel bağlanmış muhtelif trafo merkezleri ile beslenmiyorsa, bir tek merkezden besleniyorsa (dal-budak şebeke) buradaki paralel çalışacak trafo adedini saptamak için trafolardan biri devreden çıktığı vakit diğer trafoların yükün % 75'ini karşılaması gerektiği dikkate alınmalıdır. Bu şekilde beslenen endüstri tesislerinde (fabrikalarda) normal hallerde paralel trafo adedi için üzerine çıkmamalıdır. Aksi halde hem tesis giderleri ve hem de işletme güçlükleri artar.

Endüstri (fabrika) şebekelerinde gözlü şebeke sistemini sağlamakla diğer avantajları yanında, hesaplanan trafo güçleri toplamının aynı şebekeyi besleyecek dal-budak şebekeye nazaran % 30 daha düşük oluşu büyük fayda sağlar. Ülkemizde her yıl kurulmakta olan 3 MW ve bunun üstündeki güçleri çeken (20 MW kadar güç çeken fabrika sayıları da küçümsenmeyecek sayıdadır) fabrikalar göz önüne alınırsa bu % 30 değerinin ne anlam ifade ettiği kolaylıkla belirlenebilir.

Projecilere, montajcılara, bütün enerji planlayıcılarına eşzamanlılık faktörü seçimi hakkında bir ölçek verebilmek için ilk akla gelen çözüm tarzı Enerji Bakanlığı Enerji Dairesi, Elektrik Mühendisleri Odası ve diğer kuruluşlardan seçilecek bir grubun her tip kurulmuş fabrikada, örneğin Antalya'da And Birlik'in yüzbin ışık 11 adet, 1250 kVA trafo ile beslenen fabrikasında tam kapasite ile çalışırken trafoların yük değerleri ve bunun gibi işletilmekte olan bütün fabrikalarda aynı testlerin yapılması, kurulacak yeni fabrikalarda optimum trafo seçimi için en gerçek eşzamanlılık faktörleri ölçeği olarak mühendis örgütleri tarafından yayınlanabilir.

Kaynak: Atilla Tamer, 1976-1977 ADMMYO diploma çalışması.

mühencfsft dünyası

uygulamalar

bir DA motorunun hız ve fazının giriş denetim sıklığı ile karşılaştırarak denetlenmesi

Küçük bir DA motorun hız ve fazı sıklık karşılaştırıcısı olarak çalışan bir Norton işlem yükselteci ile denetlenebilir, tşlem yükselteci iki sıklığın farkını yükseltir:

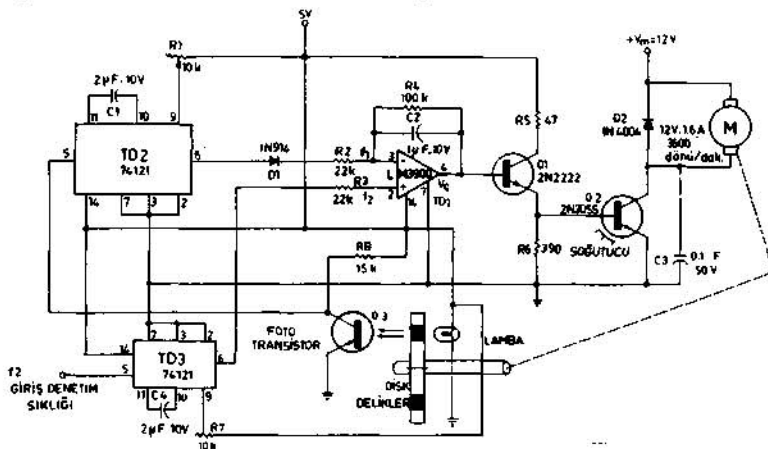
$$V_{\text{çıkış}} = K(f_2 - f_1)$$

$V_{\text{çıkış}}$: ortalama çıkış gerilimi

K : katsayı

f_2 : dıştan uygulanan denetleme sıklığı

f_1 : motor miline bağlı üzeri



Motor miline bağlı dönen kesici disk hız ve faz denetimi için geribesleme sağlıyor.

delikli diskten elde edilen sıklık.

Geri besleme için motor miline bağlı diskin ışığı kesmesinden yararlanılarak f_2 sıklığı 03 foto tranzistoru ve TD2 tümlenmiş devresi (tekdurumu kararlı devre) üzerinden LM3900 Norton yükseltecinin evirici girişine uygulanmıştır. Motor yavaşken karşılaştırıcı çıkışı ($V_{\text{çıkış}}$) W^{-1} yüksek olma süresi düşük olma süresinden uzun olacağından, bununla orantılı olarak Q2 tranzistoru daha uzun süre doyumda kalır, dolayısı ile ortalama olarak motora da çok gerilim uygulanarak motor hızı artırılır. f_2 kontrol sıklığı motor hızından üretilen f_1 den küçük olduğu zaman ise karşılaştırıcı daha az ortalama gerilim vereceğinden motor yavaşlar.

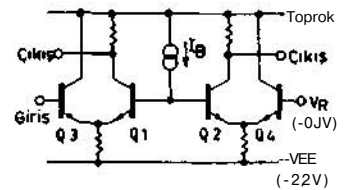
Motor hızı ile denetleme girişi arasındaki faz TD3 tekdurum kararlı devresinin darbe süresi ile belirlenir ve denetleme giriş işaretinin yükselme ve düşme zamanları arasında olmak üzere R_1 değişken direnci ile değiştirilebilir. Başarılabilen faz kilitlemesi ± 250 us'dir. R_1 direncini değiştirerek motor hızı 240-3600 dönü/dakika arasında değiştirilebilir (f_2 ve f_1 4 ile 60 arasında değişirken).

Devrede D2 diyotu motordan gelen ani gerilimleri azaltır, Q2 tranzistoru motorun gücüne göre bir soğutucu üzerinde olmalıdır. Eşit aralıklı 8 delik delinmiş ve motor miline bağlanmış bir diskin iki yanına konmuş lamba ve foto tranzistor f_1 sıklık darbelerinin üretilmesini sağlamaktadır.

taban kavramalı mantık (tkm) elemanları

Gelecekte sayısal uziletirim dizgelerinde kullanılmak için geliştirilen Taban Kavramalı Mantık (TKM) devrelerinin nanosaniyaltı hızlarda çalışarak 1×10^8 bit/saniye mertebesinde ileçişimi olası kılacağı düşünülmektedir.

Taban kavramalı akım anahtarı ve yayıcı izleyicisinden oluşan TKM elemanları 2,2 Volt gerilim kullanırlar (Yayıcı Kavramalı Mantık -YKM- tan küçük). TKM devreleri diğer devrelerden daha az güç harcarlar ve yükselme, düşme zamanları ve gecikme süreleri 300 pikosaniye kadardır. TKM elemanları yok sayılabilecek kadar küçük Miller sığaları olması ve gerilim kaynağına seri sadece bir ısıya duyarlı taban-yayıcı eklemi kullanması özelliklerin-



Şekil 1. TKM mantık geçit - evirici