

paralel çalışan
transformatörlerin
ekonomik olarak
gruplandırılmaları

Nusret ALPERÖZ

Nusret Alperöz, Öğr.Görev., İTÜ

Herden fazla transformatörün paralel çalıştırılması merkezlerde, transformatörlerin, kayıpları en düşük düzeyde tutacak biçimde gruplandırılabilir.

Merkezlerde toplar transformatör gücü tepe (puant) yüke göre saptanır ve çoğu kez bir de yedek transformatör bulundurulur.

Çoğunlukla tepe yük bir yıl içinde yalnız kısa bir süre için olduğundan geri kalan zamanda o bölgenin yük değişimine bağlı olarak var olan toplam transformatör gücünün ancak çok az bir bölümünden yararlanılır.

Aynı yüke transformatörler paralel bağlanırsa, direnç azaldığından bakır kayıpları da azalır, ancak yükten bağımsız olan demir kayıpları, devreye sokulan transformatörlerin sayısı ile orantılı olarak artar.

Birden fazla transformatörlü merkezlerde, yüke bağlı olarak devreye sokulacak paralel bağlı transformatörlerin sayısını kayıpları en düşük düzeyde tutacak biçimde saptayabiliriz. Örneğin iki transformatörlü bir merkezde, transformatörlerden biri tam yükleninceye kadar beklemek ve sonra ikinci transformatörü devreye sokmak uygun değildir. Kayıpları düşürmek için, genellikle transformatörlerden birinin anma akımından daha küçük bir değerdeki sınır akımı geçilince ikinci transformatör de devreye sokulmalıdır.

Şimdi transformatörlerin gruplandırılmasında, kayıpların en düşük düzeyde tutulmasına ilişkin ilkeleri inceliyelim. Aşağıdaki incelemede kullanılacak semboller şunlardır:

- P_{Fe} : Bir transformatörün demir kaybı
 $P_{Cu(N)}$: Bir transformatörün anma akımındaki bakır kaybı ($75^{\circ}C$ a indirgenmiş)
 P_{Cu} : Bir transformatörün herhangi bir I akımındaki i/akır kaybı
 I_N : Bir transformatörün anma akımı
 P_1 : Bir transformatördeki toplam güç kaybı
 P_{n-1} : Paralel bağlı (n-1) adet transformatördeki toplam güç kaybı

p_n : Paralel bağlı n adet transformatördeki güç kaybı

Transformatörlerdeki bakır kayıpları akımın karesi ile orantılıdır (direncin sıcaklıkla değişmediği varsayılmıştır). Orantı katsayısını r ile gösterirsek $I^2 r$ ve herhangi bir I akımındaki bakır kayıpları,

$$P_{Cu}(N) = r \cdot I_N^2, \quad p = r \cdot I^2$$

olur. Diğer yandan demir kayıpları ile anma akımındaki bakır kayıpları arasındaki oranı k ile gösterirsek,

$$P_{Fe}/P_{Cu}(N) = k \quad \text{veya}$$

$$P_{Fe} = k \cdot P_{Cu}(N) = k \cdot T \cdot I_N^2$$

bulunur. P_{Fe} ve P_{Cu} (m transformatör kataloglarında verildiğinden k bizce bilinmektedir. Böylece herhangi bir I akımında bir transformatördeki toplam güç kaybı,

$$P_1 = P_{Fe} + P_{Cu} \\ = k \cdot r \cdot I_N^2 + r \cdot I^2$$

olur. Birbirine eş n tane transformatörün paralel çalıştırılması durumunda, yalnız bir transformatörün devrede olması ile karşılaştırdığımızda (merkezdeki yük aynıdır), demir kayıpları n katı, bakır kayıpları ise 1/n katı (direncin 1/n e düşeceğinden) olacağından, paralel bağlı n transformatörün toplam güç kaybı,

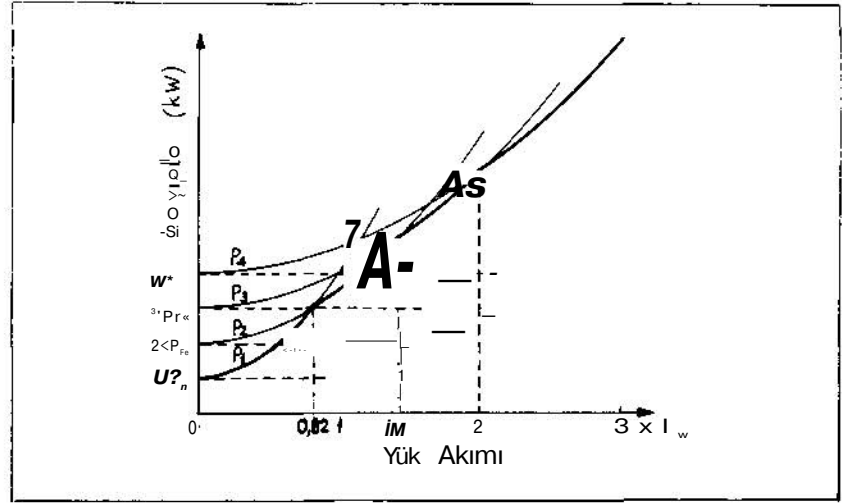
$$P_n = n \cdot k \cdot r \cdot I^2 + r \cdot I^2/n$$

olur. Aynı düşünceye göre birbirine eş (n-1) transformatör paralel bağlı ise, bunların toplam güç kaybı,

$$P_{n-1} = (n-1) \cdot k \cdot r \cdot I_N^2 \\ + r \cdot I^2/(n-1)$$

olacaktır, (n-1) ve n transformatör paralel bağlı iken, her iki durumda kayıpları eşit kılan yük akımını I_0 ile gösterirsek, $p_{n-1} = p_n$ bağıntısını yazabiliriz.

$$(n-1) \cdot k \cdot r \cdot I_N^2 + r \cdot I_0^2 \\ = n \cdot k \cdot r \cdot I_N^2 + r \cdot I_0^2/n$$



Buradan da;

$$I_0 = \sqrt{(n-D-n-k) \cdot I_N}$$

genel sonucu bulunur.

Örneğin bir transformatör merkezinde $k = P_{Fe}/P_{Cu}(N) = 1/3$ olan birbirine eş dört transformatör bulunsun. Buna göre, 1 ve 2, 2 ve 3, 3 ve 4 transformatör arasındaki uygun (optimum) sınırlar akımı,

$$I_{0(1-2)} = \sqrt{1 \cdot 2 \cdot 1/3} \cdot I_N \\ = 0,82 \cdot I_N$$

$$I_{0(2-3)} = \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 1/3} \cdot I_N \\ = 1,41 \cdot I_N$$

$$I_{0(3-4)} = \sqrt{3 \cdot 4 \cdot 1/3} \cdot I_N \\ = 2 \cdot I_N$$

olur. Yani merkezden çekilen yük akımının bir transformatörün anma akımının 0,82 katından küçükse 1, 0,82 katından büyükse 2, 1,41 katından büyükse 3, 2 katından büyükse 4 transformatör paralel olarak çalıştırılmalıdır. Bu çalışma sekline ait kayıp eğrileri şekilde gösterilmiştir. Burada sırasıyla bir, iki, üç ve dört transformatörün paralel çalışması durumunda merkezin toplam transformatör kayıpları ($p_1 > p_2 > p_3 > p_4$) akıma bağlı olarak gösterilmiştir. Kayıpları ordinat eksenini gösterdiğine göre, daima ordinatı en küçük olan eğri parçalarının (şekilde kalın çizgi ile gösterilen) izlenmesi, yani 0,82, 1,41 e kadar bir, (0,82-1,41) $\cdot I_N$ arasında iki, (1,41-2) $\cdot I_N$ arasında üç ve 2 $\cdot I_N$ den sonra da dört trans-

formatörün paralel olarak çalıştırılması uygun olur.

Şüphesiz k değeri değiştiğinde bu sınır değerler de değişecektir.

Transformatör merkezlerinde genellikle gündüz ile gece arasında bir yük farkı olursa da, her gün bu manevraları yapmak pratik bakımdan pek uygun olmaz.

Yılın en az ve en çok yüklü aylarının tepe yükleri arasındaki fark da çoğunlukla bu kadar büyük değildir. Özellikle büyük sanayi yükünün bulunduğu kentlerde bu fark oldukça azdır. Örneğin İstanbul'da yaz tepe yükü, kış tepe yüküne göre % 20-25 kadar bir azalma gösterir.

Ancak yedek transformatör bulundurulacak yerlerde sorun daha çok önem kazanır. Örneğin biri yedek iki transformatörü bulunan bir tesiste, iki transformatör arasındaki sınır akımı hesaplanarak, kayıpları en düşük düzeyde tutacak ekonomik çalışma sağlanabilir.

Uygulanabilir durumlarda özellikle büyük güçlü transformatörlerde, bu yoldan hiç de küçümsenemeyecek bir enerji ekonomisi elde edilebilir.

Ayrıca burada şunu da belirtelim ki, dağıtım şebekelerinde gereğinden çok daha büyük güçte transformatörlerin kullanılması da, demir kayıplarının ve şebeke reaktif yükünün gereksiz yere artması nedeni ile sakıncalıdır.