
DİREKT OLARAK YOL VERİLEBİLECEK EN BÜYÜK MOTOR GÜÇLERİNİN HESABI

NusretALPERÖZ
ENTESA.Ş.

ÖZET:

Ülkemizde ilgili makamlar halen eski "Elektrik İç Tesisat Yönetmeliği ve Fenni Şartnamesi"ndeki bir madde dolayısıyla 5 kW'dan büyük güçteki sincap kafesli motorlara yıldız-üçgen şalterleri veya sistemleri ile yol verilmesini istemekte, proje ve uygulamaları buna göre yaptırmaktadırlar.

Oysa, bir tesisde direk olarak yol verilebilecek en büyük motor gücü o tesisin kısa devre gücüne bağlı olup, değişkendir.

Direkt olarak yol verilmesi mümkün olabilen motorlara yıldız-üçgen şalter veya sistemleri ile yol vermek ekonomik ve teknik bakımdan sakıncalıdır;

Bu nedenle, her tesis için ayrı bir hesap yapılarak en fazla hangi güçteki motorlara direkt olarak yol verilebileceği kısa devre, gücüne bağlı olarak hesaplanmalıdır. Bu hesaplan pratikte kolaylıkla uygulanabilir şekillere sokmak mümkündür.

Yolalma esnasında çektikleri büyük akımın şebeke üzerinde meydana getirdiği akım darbesini ve bunun neden olduğu gerilim dalgalanmasının çalışan diğer motor ve cihazlar üzerindeki kötü etkilerini sınırlamak amacıyla, işletmeler belli bir güçten büyük güçteki motorlara yol-

alma akımını azaltıcı düzenlerle yol verilmesini istemekte ve bu amaçla da sincap kafesli motorlarda genellikle yıldız-üçgen şalter veya sistemleri veya ototransformatörler kullanılmaktadır.

Şimdiki uygulamada yetkili makamlar eski "Elektrik İç Tesisat Yönetmeliği ve Fenni Şartnamesi"ndeki bir madde dolayısıyla 5 kW'dan büyük güçteki motorlara yıldız-üçgen şalterleri veya sistemleri ile yol verilmesini şart koşturmaktadırlar.

Oysa bir tesisde en fazla hangi güçteki motorlara direkt olarak yol verilebileceği, tesisin o noktadaki kısa devre gücüne bağlı olup, her tesis için başkadır. Bu nedenle her tesis için ayrı hesap yapılarak, en fazla hangi güçteki motorlara direkt olarak yol verilebileceği bulunmalı ve direkt olarak yol verilebilecek motorlara yıldız-üçgen şalter veya sistemleri veya ototransformatörlerle yol verilmemelidir. Çünkü, örneğin: yıldız-üçgen şalter veya sistemleri ile yol vermenin direkt yol vermeye nazaran aşağıdaki sakıncaları vardır :

- Yıldız-üçgen yol verme şalter veya sistemleri direkt yol vermede kullanılan şalter veya sistemlere nazaran daha pahalıdır.
- Motordan yıldız-üçgen şalter veya panosuna kadar çift kablo çekmek gerekeceğinden, bu halde kablo giderleri de daha fazladır.
- Yıldız bağlamada motor akımı ile birlikte motor momenti de üçte birine düştüğünden, bu şekilde yük

altında kalkış yapan sistemlere yol vermek mümkün olmamakta ve motorun boşa kalıp, üçgene geçildikten sonra yüklenmesi için, motor ve iş makinesi arasında hidrolik veya sürtünmeli kavramaların ilâve edilmesi gerekmektedir. Bunlar da sistemin ayrıca pahalılaşmasına, yer, bakım ve arıza ihtiyacı ve olasılıklarının artmasına neden olmaktadır.

Ototransformatörlerle yol vermede de aşağı yukarı aynı sakıncalar vardır.

Bu nedenlerle, direkt olarak yol verilmesi mümkün olabilen motorlara yıldız-üçgen şalter veya sistemleri veya ototransformatörlerle yol vermek sakıncalıdır.

Bir tesiste direkt olarak yol verilebilecek en büyük motor gücü, motorun yolalma esnasında meydana getireceği gerilim düşümüne, bu da o noktadaki kısa devre gücüne bağlıdır. Kısa devre gücü ne kadar büyükse, gerilim düşümüne neden olan toplam reaktans o kadar küçüktür ($X = U_n^* / S_k''$). Dolayısıyla kısa devre gücü büyük olan yerlerde daha büyük güçteki motorlara direkt olarak yol verilebilir.

Bir tesiste kısa devre gücünün her zaman kolaylıkla bulunamayacağı ve bu nedenle hesaplamada zorluklar olduğu düşünülebilir de, bunu kolayca uygulanabilir pratik bazı esaslara bağlamak mümkündür.

Şimdi bunun nasıl hesaplanacağını inceleyelim :

Şebekenin herhangi bir noktasına kadar kısa devre yolunun faz başına toplam reaktansı X_{Σ} ile gösterirsek, U_0 faz-toprak gerilimi olmak üzere bu noktadaki kısa devre akımı,

$$I_c'' = U_0 / X_{\Sigma}'' \text{ ve buradan } U_0 = I_c'' \cdot X_k'' \quad (1)$$

olur. Diğer taraftan motorun yolalma esnasında çektiği akım, motorun I_n anma akımının (a) katı ise, motorun yolalma esnasında meydana getireceği gerilim düşümünün mutlak değeri,

$$A U_0 = a \cdot I_n \cdot X_k'' \quad (2)$$

ve bağlı değeri,

$$e = A U_0 / U_{0n} = A i_y (U_0 + A U_0) \quad (3)$$

dir. Burada U_{0n} , faz-toprak geriliminin anma değeridir. (1) ve (2) bağıntıları, (3) bağıntısında yerlerine konularak,

$$e = a \cdot I_n / (I_k'' + a \cdot I_n)$$

ve buradan,

$$I_n = \frac{\epsilon}{a(1-e)} \cdot I_k'' \quad (4)$$

bulunur.

Motorun plakasında yazılı olan, milinden verdiği anma aktif gücü (P_n) $r V_n$ anma gücündeki verim olmak üzere,

$$P_n = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n$$

şeklinde ifade edilebilir, $\cos \varphi_n \cdot \eta_n = k$ ile gösterilirse,

$$P_n = k \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \text{ ve buradan}$$

$$I_n = P_n / k \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \quad (5)$$

bulunur. Diğer taraftan kısa devre gücünün (S_k''),

$$S_k'' = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_k''$$

olduğu bilinmektedir. Buradan,

$$I_k'' = S_k'' / \sqrt{3} \cdot U_n \quad (6)$$

elde edilir. (5) ve (6) bağıntıları, (4) bağıntısında yerlerine konularak,

$$P = k \cdot \frac{\epsilon}{a(1-e)} \cdot S_k'' \quad (7)$$

bağıntısı bulunur. Bu bağıntı ile kısa devre gücü S_k'' olan bir yerde, müsaade edilen (ϵ) kadar bir bağlı gerilim düşümü ile, yolalma esnasında anma akımının (a) katı kadar akım çeken motorlara en fazla hangi P_n gücüne kadar direkt olarak yol verilebileceği hesaplanabilir.

Bir fabrika veya atölyenin belli güçte bir transformatöre beslendiğini düşünürsek, transformatörün primer, yani yüksek gerilim uçlarına kadar şebekenin görünen eşdeğer reaktansı transformatörün kendi reaktansı yanında ihmal edilebilir bir sayıdır. Bu bakımdan, transformatörün sekonder tarafında kısa devre gücünün sadece transformatörün kendi reaktansı tarafından tayin edildiğini kabul edebiliriz. Bu durumda, transformatörün anma gücünü S_{ntr} ve kısa devre gerilimini de u_k ile gösterirsek,

$$\epsilon = \frac{S_{ntr}}{a \cdot I_k''} \quad (8)$$

olur. (8) bağıntısı, (7) bağıntısında yerine konularak,

$$P_n = k \cdot \frac{\epsilon}{a(1-e)} \cdot \frac{S_{ntr}}{u_k} \quad (9)$$

bağıntısı elde edilir. Böylece, direkt olarak yol verilebilecek en büyük motor gücünün hesabı doğrudan doğruya o sistemi besleyen transformatörün gücüne ve kısa devre gerilimine bağlanmış olur ki, bu da her zaman bilinebilir.

Son elde ettiğimiz (9) bağıntısını daha da basitleştirecek pratikle kullanmaya elverişli bir duruma getirebiliriz :

$k = \cos \langle p_n \cdot \hat{I} \rangle_n$ bağıntısındaki $\cos \langle p_n \cdot \hat{I} \rangle_n$ ve i_{jn} , (5) bağıntısından da görüleceği üzere, I_n nominal akımının hesaplanması için kullanıldıklarından, nominal çalışmadaki $\cos \langle p_n \cdot \hat{I} \rangle_n$ ve V_n değerleridir. Çünkü oluşturduğumuz hesaplama yöntemi motorun yolalma esnasında çektiği akımın şebekenin X_{Σ} reaktansında meydana getirdiği

gerilim düşümünün hesaplanmasına dayanmaktadır. Motor kataloglarında yolalma akımı I_n anma akımının katı olarak verildiğinden, yolalma akımını hesaplayabilmek için, önce I_n anma akımını hesaplamak gerekmektedir. Diğer taraftan (2) bağıntısına göre gerilim düşümü hesaplanırken, yolalma akımının tam endüktif olduğu, yani $\cos \phi = 0$, $\sin \phi = 1$ olduğu kabul edilmiştir

$$\Rightarrow R I \cos \phi + X I \sin \phi = X_k'' \cdot a I_n \cdot 1$$

En çok kullanılan 1500 dev/dak.lık motorlar için 5,5 kW ila 160 kW bölgesinde (k) ortalama olarak $k = 0,78$ değerindedir, $a = I^k \cdot I_n$ ortalama olarak 6'dan biraz fazla ve 7'den küçük ise de, güvenliği arttırmak amacıyla bunu $a = 7$ olarak kabul edebiliriz.

Gerilimin anma gerilimine nazaran $\pm \% 5$ kadar değişmesi pratik olarak motor gücünde herhangi bir değişikliğe neden olmaz.

Diğer taraftan 4 Kasım 1984 tarih ve 18565 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan yeni "Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği"nin 28 inci maddesinde "Elektrik şebekelerinde $\% 5$ 'den fazla gerilim dalgalanmalarına neden olan tesislerin elektriği kesilir" denilmektedir.

Bu nedenle yol verme esnasında müsaade edilen gerilim düşümünü $\epsilon = \% 5$ ($S = 0,05$) olarak alabiliriz. Ancak o esnada çalışmakta olan diğer motorların da $\% 3$ kadar bir gerilim düşümü meydana getirdikleri göz önüne alınırsa, yeni yol verilecek bir motor için buna ilâveten ancak $\% 2$ kadar bir gerilim düşümüne müsaade edilebileceği anlaşılır. Buna göre (9) bağıntısı,

$$P_n = k \cdot \frac{\epsilon}{a(1-\epsilon)} \cdot \frac{S_{ntr}}{u_k} \quad 0,78$$

$$\cdot \frac{0,02}{7 \cdot (1-0,02)} \cdot \frac{S_{ntr}}{u_k} \quad P_n = 0,0023 \cdot \frac{S_{ntr}}{u_k} \quad (10)$$

şeklini alır.

örneğin, bir fabrika 160 kVA gücünde ve $u_k = \% 4,5$ (0,045) olan bir transformatörle besleniyorsa, bu fabrikada en fazla,

$$P_n = 0,0023 \cdot \frac{160}{0,045} = 8,2 \text{ kW}$$

gücündeki bir motora direkt olarak yol verilebilir. Ancak motor güçleri norm olduğundan, bu, uygulamada en fazla 7,5 kW olarak alınabilir.

Bu kez fabrikayı besleyen transformatörün 1600 kVA

gücünde ve u_k 'sının $\% 6$ (0,06) olduğunu varsayarsak, direkt olarak yol verilebilecek en büyük motor gücü,

$$P_n = 0,0023 \cdot \frac{S_{ntr}}{u_k} = 0,0023 \cdot \frac{1600}{0,06} = 61,3 \text{ kW}$$

(norm olarak 55 kW)

55 kW olarak bulunur.

Sanayi bölgelerinde yol verme esnasında geçici olarak $\% 10$ kadar gerilim düşümlerine müsaade edilebilir. Ancak, çalışmakta olan diğer motorların $\% 5$ kadar bir gerilim düşümü meydana getirdikleri düşünülürse, yeni yol verilecek bir motor için ilâve olarak en fazla $e = \% 5$ (0,05) kadar bir gerilim düşümüne müsaade edilebileceği anlaşılır. Bu durumda (9) bağıntısı,

$$P_n = k \cdot \frac{S}{a(1-\epsilon)} \cdot \frac{S_{ntr}}{u_k} = 0,78 \cdot \frac{0,05}{7(1-0,05)} \cdot \frac{S_{ntr}}{u_k}$$

$$\frac{S_{ntr}}{u_k} \quad P_n = 0,0059 \cdot \frac{S_{ntr}}{u_k} \quad (11)$$

şeklini alır.

Yukarıdaki örneklere bu formülü uygularsak :

$$S_{ntr} = 160 \text{ kVA}, \quad u_k = 0,045 \text{ halinde :}$$

$$P_n = 0,0059 \cdot \frac{160}{0,045} = 21 \text{ kW (norm olarak 18,5 kW)}$$

$$S_{ntr} = 1600 \text{ kVA}, \quad u_k = 0,06 \text{ halinde :}$$

$$P_n = 0,0059 \cdot \frac{1600}{0,06} = 157,3 \text{ kW (norm olarak 132 kW)}$$

bulunur.

Bu kez motor katalogundan 1500 dev/dak., 132 kW'lık bir motora ait $a = 6,85$, $k = \cos^2 \phi \cdot T_n = 0,87 \cdot 0,93 = 0,81$ değerleri alınarak ve bunlar (9) bağıntısından çekilen G 'un ifadesinde yerlerine konularak, yolalma esnasında motorun,

$$\epsilon = \frac{1}{1 + \frac{k \cdot S_{ntr}}{a \cdot u_k \cdot P_n}} \quad (12)$$

$$\epsilon = \frac{1}{1 + \frac{0,81 \cdot 1600}{6,85 \cdot 0,06 \cdot 132}} = 0,04$$

$e = \% 4$ kadar bir gerilim düşümü meydana getirdiği bulunabilir.