

REAKTİF GÜÇ İHTİYACININ TESPİTİ

Aktif güç sabit

Şekil 5a'ya göre kompanzasyondan önceki reaktif güç

$$Q_1 = P_1 * \tan \theta_1 \quad (a)$$

kompanzasyondan sonra ise

$$Q_2 = P_1 * \tan \theta_2 \quad (b)$$

dir. Buna göre kondansatör gücü için

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P_1 (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \quad (c)$$

elde edilir. Burada $\tan \theta_1$ ve $\tan \theta_2$

$$\tan \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} / \cos \theta \quad (d)$$

bağlantısından yararlanarak $\cos \theta_1$ ve $\cos \theta_2$ den de $\tan \theta$ hesaplanabilir. Eğer denklem (c) de açıların tan'larının farkı

$$\tan \theta_1 - \tan \theta_2 = k \quad (e)$$

gibi bir katsayı ile gösterilirse, denklem (c) yerine

$$Q_1 = k * P_1 \quad (f)$$

bulunur.

$\tan \theta$ den $\cos \theta$ ve $\sin \theta$ veya tersini bulmak için özel cetveller veya abaklar düzenlemiştir.

Yukarıda anlatılanları bir örnek ile açıklayalım.

ÖRNEK :

$$\text{Tüketicinin gücü} \quad S_1 = 714 \text{ KVA}$$

$$\text{Mevcut güç katsayısı} \quad \cos \theta_1 = 0,70$$

$$\text{İstenilen güç katsayısı} \quad \cos \theta_2 = 0,97$$

1-) Birinci vola göre aktif gücün sabit kalması istenmektedir.

$P_1 = S_1 * \cos \theta_1 = 714 \text{ KVA} * 0,7 = 500 \text{ KW}$ olup, bu durumda çekilen reaktif güç

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = 510 \text{ Kvar}$$

dir. Güç katsayısının $\cos \theta_2 = 0,97$ olması halinde tüketicinin çektiği reaktif güç

$$S_2 = P_1 / \cos \theta_2 = 500 \text{ KW} / 0,97 = 515,5 \text{ KVA}$$

Değerine düşer. Bu durumda reaktif gücün

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_1^2} = 126 \text{ Kvar}$$

olması gerekir. Şu halde kondansatör gücü

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = 510 - 126 = 384 \text{ Kvar}$$

olmalıdır.

2-) İkinci yola göre sanal gücün sabit kalması istenmektedir.

Kompanzasyondan önce

$P_1 = S_1 * \cos \theta_1 = 714 \text{ KVA} * 0,7 = 500 \text{ KW}$ olup, bu durumda çekilen reaktif güç

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = 510 \text{ Kvar} \text{ olacaktır.}$$

S_1 sabit kaldığında kompanzasyondan sonra aktif güç

$$P_2 = S_1 * \cos \theta_2 = 714 \text{ KVA} * 0,97 = 693 \text{ KW}$$

değerine yükselir. Bu durumda reaktif gücün

$$Q_2 = \sqrt{S_1^2 - P_2^2} = 140 \text{ Kvar}$$

olması gerekir. Buna göre

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = 510 - 140 = 370 \text{ Kvar}$$

gücünde bir kondansatöre ihtiyaç vardır.

Örnekten görüldüğü üzere, tüketicinin aktif güç ihtiyacı sabit kalırsa, şebekeden çekilen güç, 714 KVA'dan 515,5 KVA'ya düşer bu da % 27,8 kadar bir azalma demektir. Eğer sanal güç sabit tutulursa aktif gücü 500 KW'tan 693 KW'a çıkartmak mümkün olur ki bu da yine %27,8 oranında bir artış demektir. Görülüyor ki kompanzasyon sayesinde tesiste yeni bir yatırıma gerek kalmadan bu tesisten çekilebilecek gücü arttırmak mümkün olmaktadır

k katsayısı

Pratikte yukarıda verilen hesabı yapmadan denklem (f) deki k katsayısının veren bir cetvel yardımı ile bir tesisin veya tüketicinin rektif güç ihtiyacı tespit edilir. Bu cetvel, belirli bir $\cos \theta_1$ güç katsayısının, istenilen bir $\cos \theta_2$ güç katsayısına çıkartmak için beher KW aktif güç için gerekli reaktif güç miktarını verir.

ARZU EDİLEN COS θ_2 'YE YÜKSELTMEK İÇİN "k" FAKTÖRÜ CETVELİ

	Cos θ_2	0.70	0.75	0.80	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97
	tan θ_2	(1.02)	(0.88)	(0.75)	(0.70)	(0.64)	(0.62)	(0.59)	(0.57)	(0.53)	(0.48)	(0.43)	(0.36)	(0.33)	(0.29)	(0.25)
Cos θ_1	tan θ_1															
0.45	1.98	0.96	1.10	1.23	0.28	1.34	1.36	1.39	1.41	1.45	1.50	1.55	1.62	1.65	1.69	1.73
0.50	1.73	0.71	0.85	0.98	1.03	1.09	1.11	1.14	1.16	1.20	1.25	1.30	1.37	1.40	1.44	1.48
0.52	1.64	0.62	0.76	0.89	0.94	1.00	1.02	1.05	1.07	1.11	1.16	1.21	1.28	1.31	1.35	1.39
0.54	1.56	0.54	0.68	0.81	0.86	0.92	0.94	0.97	0.99	1.03	1.08	1.13	1.20	1.23	1.27	1.31
0.56	1.48	0.46	0.60	0.73	0.78	0.84	0.86	0.89	0.91	0.95	1.00	1.05	1.12	1.15	1.19	1.23
0.58	1.41	0.39	0.53	0.66	0.71	0.77	0.79	0.82	0.84	0.88	0.93	0.98	1.05	1.08	1.12	1.16
0.60	1.33	0.33	0.45	0.58	0.63	0.69	0.71	0.74	0.76	0.80	0.85	0.90	0.97	1.00	1.04	1.08
0.62	1.27	0.25	0.39	0.52	0.57	0.63	0.65	0.68	0.70	0.74	0.79	0.84	0.91	0.94	0.98	1.02
0.64	1.20	0.18	0.32	0.45	0.50	0.56	0.58	0.61	0.63	0.67	0.72	0.77	0.84	0.87	0.91	0.95
0.66	1.14	0.12	0.26	0.39	0.44	0.50	0.52	0.55	0.57	0.61	0.66	0.71	0.78	0.81	0.85	0.89
0.68	1.08	0.06	0.20	0.33	0.38	0.44	0.46	0.49	0.51	0.55	0.60	0.65	0.72	0.75	0.79	0.83
0.70	1.02		0.14	0.32	0.32	0.38	0.40	0.43	0.45	0.49	0.54	0.59	0.66	0.69	0.73	0.77
0.72	0.96		0.08	0.27	0.26	0.32	0.34	0.37	0.39	0.43	0.48	0.53	0.60	0.63	0.67	0.71
0.74	0.91		0.03	0.21	0.21	0.27	0.29	0.32	0.34	0.38	0.43	0.48	0.55	0.58	0.62	0.66
0.76	0.86			0.16	0.16	0.22	0.24	0.27	0.29	0.33	0.38	0.43	0.50	0.53	0.57	0.61
0.78	0.80			0.11	0.10	0.16	0.18	0.21	0.23	0.27	0.32	0.37	0.44	0.47	0.51	0.55
0.80	0.75			0.05	0.05	0.11	0.13	0.16	0.18	0.22	0.27	0.32	0.39	0.42	0.46	0.50
0.82	0.70					0.06	0.08	0.11	0.13	0.17	0.22	0.27	0.34	0.37	0.41	0.45
0.84	0.65						0.03	0.06	0.08	0.12	0.17	0.22	0.29	0.32	0.36	0.40
0.86	0.59								0.02	0.06	0.11	0.16	0.23	0.26	0.30	0.34
0.88	0.54										0.06	0.11	0.18	0.21	0.25	0.29
0.90	0.48											0.06	0.12	0.15	0.19	0.23
0.92	0.43												0.07	0.10	0.14	0.18
0.94	0.36													0.03	0.07	0.11

Örnek :

Yukarıda hesabı yapılan tesiste güç katsayısının 0,7 den 0,97'ye çıkarılması istenilmektedir.. Buna göre cetveldən beher KW başına reaktif güç ihtiyacı olarak $k = 0,77$ bulunur. Tesisin aktif gücü 500 KW olduğuna göre gerekli kondansatör gücü olarak

$Q_c = 500 * 0,77 = 385$ Kvar bulunur, bu da yukarıda hesaplanan değerlere uyar.

Bir tesise ait güç değerlerinin tespiti

Bir tüketici tesiste kompanzasyon gücünü tespit edebilmek için bu tesisin sanal, aktif ve reaktif güçlerinden herhangi ikisinin veya bunlardan biri ile güç katsayısının bilinmesi gerekir

1-) Tesis proje aşamasındadır ve herhangi bir ölçü değeri yoktur.

Örnek olarak tesisin 500 KW kurulu gücü olduğunun dışında başka bir bilgi yoktur.

Talep güç, eşzamanlılık katsayısı 0,60 alınarak $P = 500 \text{ KW} * 0,60 = 300 \text{ KW}$ bulunur.

Güç katsayısı 0,7 den 0,97 ye çıkarılacağından

Birinci yol olarak

$S_1 = P / \cos \theta_1 = 300 \text{ KW} / 0,7 = 429 \text{ KVA}$ bulunur. Reaktif güç ise

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2} = 307 \text{ Kvar} \quad \text{olarak bulunur.}$$

$S_2 = P / \cos \theta_2 = 300 \text{ KW} / 0,97 = 310 \text{ KVA}$ bulunur. Reaktif güç ise

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2} = 78 \text{ Kvar} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Sistemim ihtiyacı olan kondansatör gücü ise

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = 307 - 78 = 229 \text{ Kvar}$$

olarak bulunur.

İkinci yol olarak

k katsayısı cetvelinen beher KW için 0,7 ile 0,97 hanelerinden $k = 0,77$ olarak bulunur.

$Q_c = 300 * 0,77 = 231 \text{ Kvar}$ bulunur, bu da yukarıda hesaplanan değerlere uyar.

1-) Tesis işletmededir ve çeşitli ölçü aletleri mevcuttur.

a-) Bir ampermetre ve bir voltmetre yardımı ile hat akımı ve hat gerilimi ölçülerek tesisin sanal gücü hesaplanır. Aktif ve reaktif gücün hesaplanması için güç katsayısına da gerek vardır. Tesisin $\cos \theta$ ' sini ölçmek için tesise $\cos \theta$ metre bağlanabilir. Akımın 125 A. Gerilimin 380 V, $\cos \theta_1$ in 0,82 olarak ölçüldüğünü varsayalım. Güç katsayısının da 0,96 olmasını isteyelim.

$$S_1 = \sqrt{3} * U_n * I_n = \sqrt{3} * 380 \text{ V} * 125 \text{ A} = 82 \text{ KVA} \quad (\text{g})$$

$P_1 = S_1 * \cos \theta_1 = 82 \text{ KVA} * 0,82 = 67,24 \text{ KW}$ olup, bu durumda çekilen reaktif güç

$Q_1 = S_1 * \sin \theta_1 = 82 \text{ KVA} * 0,57 = 46,74 \text{ Kvar}$ olarak bulunur.

$\sin \theta_1$ cetvelden $\cos \theta_1$ karşısı olarak bulunur veya hesap yapılır.

Hesap için $\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$ ifadesi kullanılır.

$P_2 = S_1 * \cos \theta_2 = 82 \text{ KVA} * 0,96 = 78,72 \text{ KW}$ olup, bu durumda çekilen reaktif güç

$Q_2 = S_1 * \sin \theta_2 = 82 \text{ KVA} * 0,28 = 22,96 \text{ Kvar}$ olarak bulunur.

$\sin \theta_2$ cetvelden $\cos \theta_2$ karşısı olarak bulunur veya hesap yapılır.

Tesise gereken kondansatör gücü

$Q_c = Q_1 - Q_2 = 46,74 - 22,96 = 24 \text{ Kvar}$

Olarak bulunur.

k katsayısından gidersek;

0,82 ve 0,96 ya denk düşen k katsayısı cetvelden 0,40 olarak bulunur.

$Q_c = 67,24 \text{ KW} * 0,40 = 27 \text{ Kvar}$ bulunur, bu da yukarıda hesaplanan değerlere uyar.

b-) Tesiste aktif ve reaktif güç ölçümü için iki yazıcı vatmetre bulunabilir ve bu halde aktif ve reaktif vatmetrelerin gösterdikeri ortalama P ve Q değerleri okunur. İstenirse buradan

$\tan \theta_1 = Q / P$ ve $\cos \theta_1 = 1 / \sqrt{1 + \tan^2 \theta_1}$ değerleri hesaplanabilir. Veya trigonometrik cetvelden birbirlerine denk düşen değerleri alınabilir. İstenilen güçkatsayısı $\cos \theta_2$ değerinden cetvel yardımı ile veya $\tan \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} / \cos \theta$ formülünden hesap yolu ile $\tan \theta_2$ bulunur.

Okunan P ve Q ortalama değerlerine göre kondansatör gücü

$Q_c = Q - P * \tan \theta_2$ (h)

İfadesine göre hesaplanır.

Örnek:

Aktif vatmeterde okunan değer $P = 120 \text{ KW}$,
Reaktif vatmeterde okunan değer $Q = 142 \text{ Kvar}$,

İstenilen güç katsayısı $\cos \theta_2 = 0,96$ olsun

Trigonometri cetveline göre $\cos \theta_2 = 0,96$ ya karşı gelen $\tan \theta_2 = 0,29$ dur.

Kondansatör gücü

$Q_c = Q - P * \tan \theta_2$ ifadesinden $Q_c = 142 - 120 * 0,29 = 107$ Kvar olarak bulunur.

c-) Tesiste toplam akımı ölçen ampermetre ile bir voltmetre ve birde aktif güç sayacı varsa, ölçülen akım ve gerilim değerleri ile sanal güç S_1 hesaplanır. Sonra bir kronometre yardımı ile sayaç üzerinde bir dakikada diskin n_p dönme sayısı sayılır. Sayaç üzerindeki sabite c_p (dönme sayısı / kWh) okunduktan sonra aktif güç

$$P = n_p * 60 / c_p \text{ (kWh)}$$

hesaplanır. P yardımı ile $P = S * \cos \theta$ ifadesinden $\cos \theta_1$ bulunur. Bundan sonra denklem (c) ye göre Q_c hesaplanır. $Q_c = Q_1 - Q_2 = P_1 (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$

Örnek :

Ampermetre ile ölçülen hat akımı $I = 304$ A, voltmetre ile ölçülen hat gerilimi $U=380$ V, sayaçtan okunan değer $n_p = 200$ d/d, sayaç sabitesi $c_p = 100$ d/kWh olsun.

Sanal güç

$$S_1 = \sqrt{3} * U_n * I_n = \sqrt{3} * 380 \text{ V} * 304 \text{ A} = 200 \text{ KVA}$$

Aktif güç

$$P = n_p * 60 / c_p \text{ (kWh)} = 200 * 60 / 100 = 120 \text{ kWh}$$

Güç katsayısı

$$\cos \theta_1 = P / S_1 = 120 / 200 = 0,6$$

trigonometri cetvelinden $\cos \theta_1 = 0,6$ ya karşı gelen $\tan \theta_1 = 1,3335$ bulunur.

İstenilen güç katsayısı $\cos \theta_2 = 0,96$ ve buna karşı gelen $\tan \theta_2 = 0,2915$ bulunur.

Kondansatör gücü

$$Q_c = P_1 (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) = 120 \text{ kWh} * (1,3335 - 0,2915) = 125 \text{ Kvar}$$

Olarak bulunur.

d-) Eğer tesiste bir aktif ve bir de reaktif güç sayacı varsa, bir kronometre yardımı ile bir dakikada diskin dönme sayısı olarak aktif sayaç üzerinde n_p (d/d) ve reaktif sayaç üzerinde

n_q (d/d) okunur. Ayrıca aktif sayaç üzerindeki sabite c_p (d/kWh), reaktif sayaç üzerindeki sabite c_q (d/kWh) ise aktif ve reaktif güçler şu şekilde hesap edilirler.

$$P = n_p * 60 / c_p \text{ (kWh)}$$

$$Q = n_q * 60 / c_q \text{ (kvar)}$$

Sonra kondansatör gücü

$$Q_c = Q - P * \tan \theta_2$$

ifadesinden hesaplanır.

e-) Aktif ve reaktif güç sayaçları bulunan bir tesiste elektrik faturasına göre de kondansatör gücü tayini yapılabilir. Eğer belirli bir işletme t_i (h) süresi içinde aktif enerji sarfiyatı A_p (kWh) ve reaktif enerji sarfiyatı A_q (kvarh) ise

$Q_c = Q - P * \tan \theta_2$ denklemine benzer şekilde

$$Q_c = (A_q \text{ (kvarh)} - A_p \text{ (kWh)} * \tan \theta_2) / t_i \text{ (h)}$$

İfadesi ile kondansatör gücü hesaplanır.

Örnek:

Aktif enerji sarfiyatı $A_p = 29100$ kWh, reaktif enerji sarfiyatı $A_q = 41250$ kvarh, istenilen güç katsayısı $\cos \theta_2 = 0,96$, fatura kapsamı bir ay (Bir ayda 22 iş günü ve günde 8 saat çalışma) ise kondansatör gücünü bulalım.

İşletme süresi

$$t_i = 22 \text{ gün} * 8 \text{ saat} = 176 \text{ saat}$$

Kondansatör gücü

$$Q_c = (A_q \text{ (kvarh)} - A_p \text{ (kWh)} * \tan \theta_2) / t_i \text{ (h)} = (41250 - 29100 * 0,29) / 176 = 186 \text{ kvar}$$

Bulunur.

