

ŐİŐLİ MESLEKİ EĞİTİM MERKEZİ
2020 MAYIS UZAKTAN EĞİTİM DERS NOTLARI

Alan/Dal Adı : Elektrik Tesisatları ve Pano Monitörlüğü
Ders Adı : Pano Tasarım ve Montajı
Dersin Sınıf Düzeyi : 11. Sınıf
Konu : Reaktif Güç Kompanzasyonu
Konu Tarihi Aralđı : 4-10 Mayıs 2020
Ders Öğretmenleri : Levent ÖZDEN

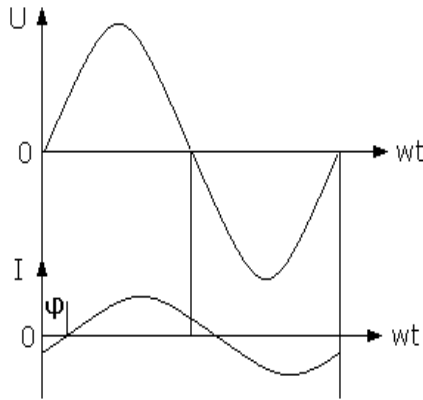
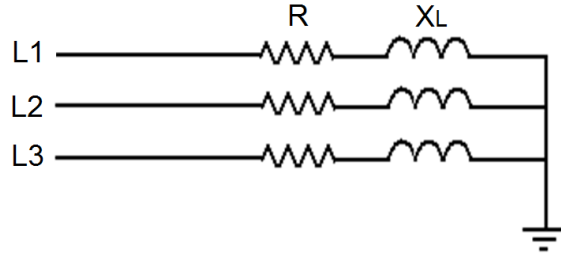
Mayıs 2020, İstanbul

REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU

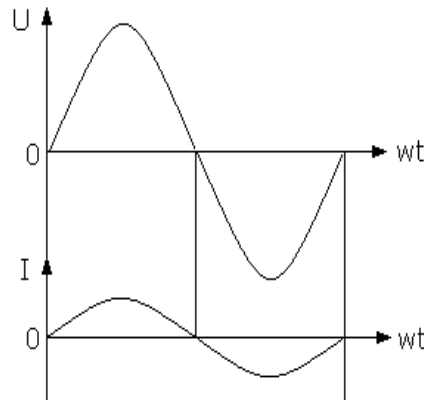
Şebekeye bağlı bir alıcı (yük) endüktif özellik taşıyan yani manyetik alan prensibine göre çalışan (motor, balast, transformatör, kaynak makinası vb.) bir alıcı ise bu cihazlar şebekeden aktif güç yanında reaktif güce çekerler.

Ayrıca güç elektroniği devreleri içeren alıcılar (inverter, UPS, tristör kontrollü doğrultucu v.b) da şebekeden reaktif güç ve lineer olmayan akımlar çekecekleri için bu reaktif güç iletim hatlarında ve kablolarda işe yaramayan gereksiz kayıpların meydana gelmesine sebep olurlar.

Aşağıdaki şekilde üç fazlı sisteme bağlı bulunan bir alıcı gösterilmiştir.

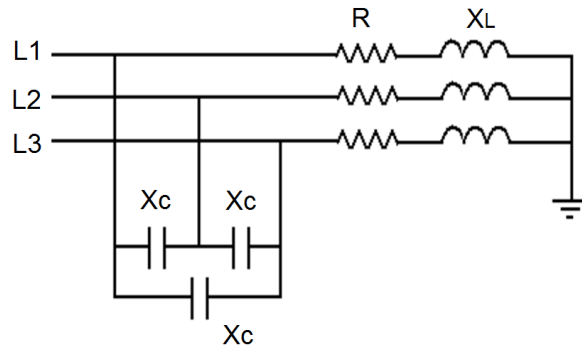


Şekil-1



Şekil-2

Akım ile gerilim arasındaki açıyı (ϕ) en küçük değerlere indirmek yani güç faktörünü düzeltip şekil-2 de görünen ideal duruma getirebilmek için sisteme paralel kondansatör veya kondansatör grupları bağlanır. (Şekil-3) Bu sayede alıcı üzerinden geçen akımın gecikmesi (geri kalması) azaltılmış olur.



Şekil-3

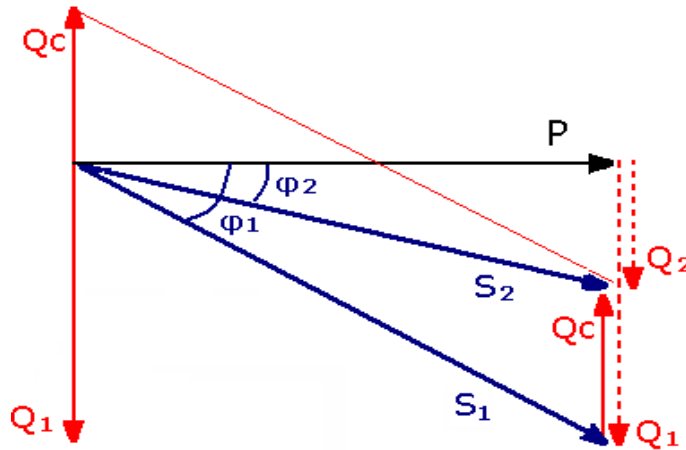
Teknik olarak reaktif enerjinin azaltılması işlemine KOMPANZASYON işlemi adı verilir.

Kompanzasyon işleminde akım ile gerilim arasındaki açı ($\cos \phi$) yukarıda bahsedildiği gibi yönetmeliklerde belirtilen değerler içerisinde tutulmaya (eş zamanlı hale getirilmeye) çalışılır.

Reaktif güçler kompanze edilmez ise

- Şebekede güç kayıplarına neden olur,
- Üretim ve dağıtım sisteminin kapasitesini azaltır,
- Gerilim düşmesinin, taşınan gücü sınırladığı dağıtım hatlarında, enerji taşıma kapasitesinin düşmesine neden olur.

Bu nedenle, aşırı yüklenmeler ve gerilim düşmelerinin önlenmesi ve şebekeden en verimli şekilde faydalanılabilmesi için, reaktif yüklerin oluştukları noktada kompanze edilmesi ve giderilmesi zorunludur.



Şekle göre kompanzasyon yapılmadan önceki reaktif güç ϕ_1

$$Q_1 = P \cdot \tan \phi_1$$

kompanzasyon yapıldıktan sonraki reaktif güç ise

$$Q_2 = P \cdot \tan \phi_2 \text{ olur.}$$

Buna göre kompanzasyon için gereken reaktif güç değeri bunların farkıdır:

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$\tan \phi = Q/P$$

$$Q = P \cdot \tan \phi$$

$$Q_1 = P \cdot \tan \phi_1$$

$$Q_c = P \cdot \tan \phi_2$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = (P \cdot \tan \phi_1 - P \cdot \tan \phi_2)$$

Uygulama:

Bir tesiste toplam aktif güç $P=1200$ kW olup $\tan \phi_{2\min}$ 0.75 değerinden 0,96 değerine yükseltilmesi istenmektedir. Gerekli kondansatör gücünü bulalım.

Uygulama Çözümü:

$$\cos \phi_1 = 0.75 \text{ ise } \phi_1 = \arccos(0.75) = 41.41^\circ$$

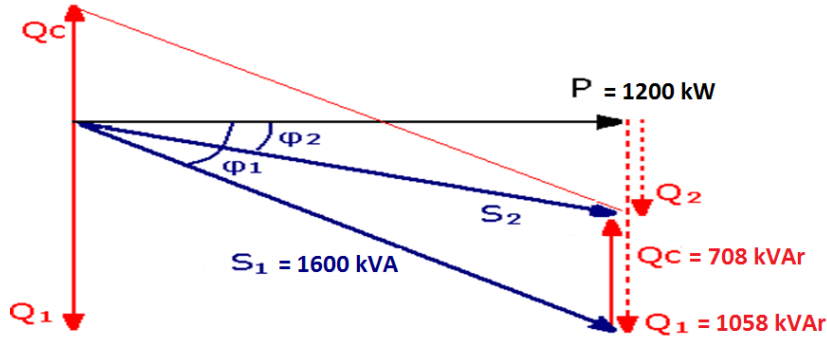
$$\cos \phi_2 = 0.96 \text{ ise } \phi_2 = \arccos(0.96) = 16.26^\circ$$

$$\tan 41,41 = 0,88$$

$$\tan 16,26 = 0,29$$

kompanzasyon tesisinin vermesi gereken reaktif güç,

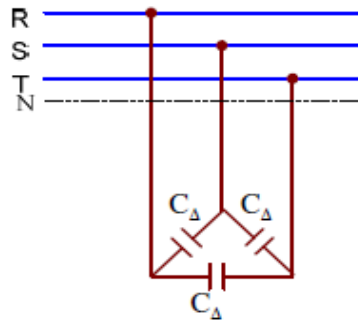
$$Q_c = P.(\tan \phi_1 - \tan \phi_2) = 1200.(\tan(41.41^\circ) - \tan(16.26^\circ)) = 708 \text{ kVAr}$$



ÜÇGEN BAĞLAMA:

Üçgen bağlantıda batarya gerilimi:

$$U_c = U_{FF} = \sqrt{3}U_{F-N} = U_Y$$



Şekil. Üçgen bağlı batarya

Şebekeye bağlanacak kondansatör bataryasının kapasitesi :

$$C = \frac{P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)}{3U_c^2 \times (2\pi f)} \Rightarrow C_\Delta = \frac{P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)}{3U^2 \times (2\pi f)}, [F]$$

Kompanzasyon tesisi kurulacak olan bir işletme için uygulayıcılar mutlaka işletmenin normal $\cos \phi_1$ değerini veya $\tan \phi_1$ değerini bilmek zorundadırlar. $\cos \phi_2$ değeri veya $\tan \phi_2$ değeri de hedeflenen değer olduğu için uygulayıcı tarafından seçilecektir.

POWER FACTOR

Kısaca power factor , $\cos \varphi$ değerinden farklı olarak , harmonikler dahil olan akım ile harmonikler dahil olan gerilim arasındaki faz farkıdır. Bu iki değer arasında harmonikli ortamlarda aşağıdaki formül kadar bir fark oluşur.

$$PF = \mu \cdot \cos \varphi \quad (7)$$

$$\mu = 1 / 1 + (\text{THD(I)})^2 \quad (8)$$

Örnek olarak ile dijital sayaç kullanan ve şebekesinde THD(I) =%30 seviyelerinde harmonik akımı olan bir tüketici $\cos \varphi = 0,96$ değerine sahipken ;

$$\mu = 1 / 1 + (0,3)^2 = 0,917$$

$PF = 0,917 \cdot 0,96 = 0,88$ değerinde bir güç faktörüne sahip olacaktır.

$$PF = P/S = (I_1/I) \cdot \cos \varphi_2$$

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_n^2}$$

$$PF = P/S$$

$$\cos \varphi = P_1/S_1$$

		cos φ_2												
cos φ_1	0.80	0.85	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1	
0.60	0.583	0.714	0.849	0.878	0.907	0.938	0.970	1.005	1.042	1.083	1.130	1.191	1.333	
0.61	0.549	0.679	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.157	1.299	
0.62	0.515	0.646	0.781	0.810	0.839	0.870	0.903	0.937	0.974	1.015	1.062	1.123	1.265	
0.63	0.483	0.613	0.748	0.777	0.807	0.837	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233	
0.64	0.451	0.581	0.716	0.745	0.775	0.805	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1.201	
0.65	0.419	0.549	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.919	0.966	1.027	1.169	
0.66	0.388	0.519	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.810	0.847	0.888	0.935	0.996	1.138	
0.67	0.358	0.488	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1.108	
0.68	0.328	0.459	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.750	0.787	0.828	0.875	0.936	1.078	
0.69	0.299	0.429	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.907	1.049	
0.70	0.270	0.400	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.770	0.817	0.878	1.020	
0.71	0.242	0.372	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992	
0.72	0.214	0.344	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964	
0.73	0.186	0.316	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0.936	
0.74	0.159	0.289	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909	
0.75	0.132	0.262	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882	
0.76	0.105	0.235	0.371	0.400	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0.855	
0.77	0.079	0.209	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0.829	
0.78	0.052	0.183	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552	0.599	0.660	0.802	
0.79	0.026	0.156	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0.776	
0.80		0.130	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0.750	
0.81		0.104	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724	
0.82		0.078	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0.698	
0.83		0.052	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.530	0.672	
0.84		0.026	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646	
0.85			0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620	
0.86			0.109	0.138	0.167	0.198	0.230	0.265	0.302	0.343	0.390	0.451	0.593	
0.87			0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567	
0.88			0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540	
0.89			0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262	0.309	0.370	0.512	
0.90				0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234	0.281	0.342	0.484	

Tablo da verilen değerlerle hesaplama yapmak için aşağıdaki örneği inceleyelim.

Uygulama:

şebeke gerilimi $U= 380$ V. ve Aktif gücü $P= 300$ kW olan bir işletmenin güç faktörü ($\cos \phi$) $0,74$ tür. Güç faktörünü ($\cos \phi$) $0,99$ a çıkartmak için gerekli kondansatör gücünü bulalım.

Uygulama Çözümü:

Tablodan iki değeri birbiriyle karşılaştırsak çarpan 0.766 olarak bulunur. Kondansatör gücü (Q_c) $= 300 \times 0,766$ ise $Q_c= 230$ kVAr bulunur. Yani bu işletme için 230 kVAr lık kondansatör gücüne ihtiyaç vardır denilebilir.

Burada akım hesabı yapacak olursak;

$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$ formülünden $I= P / \sqrt{3} \times U \times \cos \phi$ bulunur. Sisteme kondansatör bağlı değilken, $\cos \phi=0,74$ ise akım;

$I= 300.000 / (1,73) \times 380 \times 0,74$ ise $I= 616,6$ Amper dir.

Sisteme kondansatör bağlayıp $\cos \phi=0,99$ yapılırsa, $I= 300.000 / (1,73) \times 380 \times 0,99$ ise $I=461$ Amper olur. Güç faktörünün düzeltilmesiyle çekilen akım $616,6$ A. den 461 A. e düşmüştür.

Burada başka bir hususa dikkat çekmek gerekir. Yukarıda belirtildiği gibi güç sistemine bağlanan lineer olmayan alıcılar akım ve gerilim büyüklüklerinin sinüsoidal yapıdan uzaklaşmasına (nonsinüsoidal) yani harmonik distorsiyonuna neden olup akım ve gerilimin dalga şeklini bozarlar.

Harmonik gerilimlerin ve distorsiyon değerlerinin yüksek olduğu yerlerde yukarıdaki formül veya tablo değerlerinin verdiği sonuçlar kompanzasyon için yeterli olmayacak ve yapılan kompanzasyon tesisi reaktif enerji tüketimini engelleyemeyecektir. Böyle işletmeler için harmonik filtreli kompanzasyon tesisi önerilmektedir.