

ORTA VE YÜKSEK GERİLİM KONDANSATÖR DİZİSİ TASARIMI

Sayit HİDAYETOĞLU
Elektrik Yük. Müh.

1- Genel Bilgiler

Alçak gerilimde yapılan reaktif güç kompanzasyonu bu gerilim seviyesinden ya da orta gerilimden bir trafoyla beslenen küçük tesislerde ekonomiktir. Ancak, çok fazla reaktif gücü gerektiren durumlarda, bağlanması gereken kondansatörlerin mikroFarad değerleri ve ürettikleri reaktif akım çok artar. Bu artış, kondansatörlerin ve bunları devreye sokup çıkarmak için gerekli, yüksek akımları kesebilen, kontaktörlerin fiyatlarına da yansır. Kaba bir kural olarak, bir merkezden 2 MVAR'dan büyük reaktif güç ihtiyacı olması durumunda orta gerilimde kompanzasyonun ekonomisi araştırılmalıdır.

Reaktif gücün gereksinilen yerde ve gerilim seviyesinde **üretilmesi temel bir ilkedir**. Yüksek gerilim seviyelerine **çıkıldıkça gerekli yalıtım, koruma ve ekipman giderleri artar, buna karşılık daha az bir kapasitans ile daha fazla KVAR** üretimi mümkün olur, bakım giderleri azalır ve **büyük bloklar** halinde reaktif güç üretimi sağlanabilir. Orta ve yüksek gerilim kondansatör tesislerinde maliyet artışına en çok etki eden unsur, diziyi sistemden ayıran kesicinin fiyatıdır. Bu kesici, dizi tarafında oluşabilecek her tür faz kısıdavelelerini kesebilecek yetenekte, aşırı akım korumalı, kapasitif akımları başlatmaya ve kesmeye elverişli olmalıdır. Sistemde kısıdavele gücünün yüksek olduğu noktalara bağlanan büyük güçte dizilerle "Vakum" ya da "SF6" tipi kesiciler kullanılmalıdır. Bu kesiciler oldukça pahalıdır ve bakım aralıkları açma kapama sayılarıyla belirli olduğu için orta ve yüksek gerilim dizilerinin sık sık açılıp kapanması istenmez. Bunun için sürekli devrede bırakılır, bir kısmı ise elle kontrol edilerek, veya reaktif güç ihtiyacını belirleyen bir röleyle devreye sokulur. Aslında birçok aboneye servis veren bir orta ya da yüksek gerilim trafo merkezinde çekilen yük değişimi, genellikle yavaş değişen ve önceden bilinen bir kalıptadır. Bu açıdan maliyeti çok arttıracak bir otomatik kontrol sistemi gereksizdir ve ekonomik değildir. Dağıtım trafo merkezlerinin alçak gerilim tarafı 380 V kondansatör dizilerinin yerleştirilmesi için uygun bir yerdir. Tüketim noktalarına yakınlığı açısından en yüksek kazancı sağlar, fakat kondansatör malzemesinin verimsiz kullanılması sonucu KVAR maliyeti yüksektir. 380 KV'a ya da 380/154 KV trafoların indirici tarafına konulacak diziler üretim merkezlerinden bu noktalara kadar kayıpları azaltmak, gerilim düzenlemesi sağlamak ve büyük reaktif güç blokları üretebilmek

açılarından çok uygundur, fakat koruma yönünden sorunlu olabilirler. Dağıtım sistemine konulan diziler ekonomik ve teknik yönden idealdir ve dünyada binlerce MVAR-yıllık bir deney birikimi vardır. Bu gerilim seviyesinde kondansatör yüksek verimle kullanılır, maliyet kabul edilebilir düzeydedir. Bu diziler için en iyi yer indirici trafo merkezleri veya fider alıcı uçlarıdır. Trafo merkezi personeli, aynı zamanda kondansatör dizisinin denetim ve bakımını yapabilir. 31 i KV'ta reaktif güç üretimi bara gerilimi düzenlemesi açısından da etkilidir. Dizinin devreye sokulmasıyla sağlanacak gerilim yükselmesi $AV=KVAR/(KVASC-KVAR)$ ya da kabaca $KVAR/KVASC$ 'dir. Burada KVAR bağlanan dizinin gücü, KVASC ise bağlantı noktasındaki kısıdavele gücüdür.

2- Tanımlar

Orta veya yüksek gerilimde bir "dizi", istenilen gerilim ve gücü sağlamak için seri ve paralel bağlanmış birçok "ünite"den oluşur. Ünite, bir kap içinde bulunan, bir ya da iki buşingli, içten ya da dıştan sigorta ile korunabilen birimdir. Ünite gerilimi, 2.4 KV'tan 21.6 KV'a kadar değişebilir. 50 KVAR'dan 200 KVAR'a kadar güçte üniteler yapılabilir. Her ünite istenilen gerilim ve gücü elde etmek için seri ve paralel bağlanmış "sarım"-lardan oluşur. Sarımların dayanma gerilimleri 1000 Volt'tan 2000 Volt'a kadar değişebilir. İstenilen faz gerilimini elde etmek için üniteler seri, gücü elde etmek için paralel bağlanır. Böylece seri gruplar oluşur. Her seri grupta en az iki paralel ünite vardır.

3- Orta ve Yüksek Gerilim Dizi Bağlantı Seçenekleri

Orta ve yüksek gerilim dizileri elektriksel olarak çeşitli bağlantı şekillerinde düzenlenebilirler. Başlıca seçenekler; Delta, Nötrü Topraklı Yıldız, Nötrü Topraksız (Yalıtılmış) Yıldız ve İki Eşit Parçalı Yıldızdır. Kullanıcı, gerilim seviyesi, dizi gücü, sistemdeki diğer kondansatörler, bağlantı noktasındaki kısıdavele gücü, tercih edilen koruma yöntemi ve sistemin topraklama şekli gibi birçok etmenleri gözönüne alarak seçimini yapmalıdır. Bu bölümde her seçeneğin olumlu ve olumsuz yanları kısaca verilmiştir, ancak verilen kurallar ve sayılar kesin olmayıp, kullanıcının şartlarına göre esnetilebilir;

A) Delta Dizi: Alçak gerilim kondansatörlerinde 220 Volt için üretilen bir ünite 380 Volt gerilim altında da kullanılabilir, kondansatör yalıtkanları buna uygundur. Orta ve yüksek gerilimde kondansatörleri fazlar arasında bağlamak en az iki seri grup ya da standart dışı gerilimde üniteleri gerektirebilir. Bu iki seçenek de maliyeti artırıcı ve korumayı zorlaştırıcıdır. Delta bağlı sistemlerde üç ve üçün katları harmonikler kollarda dönerler ve kondansatör yalıtkanlarını aşırı zorlayabilirler. Delta bağlı dizilerin kaynak tarafında bir faz açık kalsa bile

yük tarafında üç fazda da gerilim oluşur ve bu tehlikeli rezonans şartları yaratabilir. Delta diziler yüksek gerilimlerde tercih edilmezler.

B) Nötrü Topraklı Yıldız Dizi: Küçük güçte diziler için en ekonomik ve güvenilir bağlantı şeklidir, ancak bağlantı noktasında yüksek harmonik akım ve gerilimler bekleniyorsa kullanılmaz. Koruma masrafı düşüktür. Yıldırım darbelerinde kondansatörler toprağa bir yol oluştururlar ve bağlandıkları baranın korunmasına yardımcı olurlar. Nötrü topraklı yıldız diziler topraklanmamış 3 iletkenli sistemlerde koruyucu rölelerin yanılmasına neden olabilir ve bazı durumlarda geçici aşırı gerilimlerin büyümesine katkıda bulunabilirler.

C) Nötrü Topraksız Yıldız Dizi: Sistemde harmonikler bekleniyorsa, orta büyüklükteki diziler için en uygun bağlantı şeklidir. Orta ve yüksek gerilimde kullanılabilir. Koruma sistemi maliyeti daha yüksek, aşırı gerilimlere karşı daha duyarlıdır, buna karşılık kısadevre gücü yüksek noktalarda güvenlidir bağlantı şeklidir.

D) İki Eşit Parçalı Yıldız: 40 MVAR'dan büyük güçlerde ve yüksek gerilimlerde en ekonomik ve en güvenilir bağlantı şeklidir. Dizi, nötrü topraksız ve eşit güçte iki yıldız şeklinde düzenlenir. Dengesizlik koruması iki nötr noktası arasındaki akıma bağlı olarak yapılır. Akım trafosu birbirinin aynı iki yıldız arasındaki farkı ölçtüğü için alçak yalıtım seviyesinde olabilir ve koruma, yıldırım, harmonik gibi etkenlerden bağımsız çalışır.

4- Tasarım Basamakları

Bu bölümde verilen tasarım basamakları, 50, 100, 150 ve 200 KVAR'lık üniteler kullanılarak, 2.4 KV'tan 500 KV'a kadar 300 KVAR'dan büyük kondansatör dizilerinin projelendirilmesinde, geçerlidir.

Basamak 1- Elektriksel Bağlantı Şeklini Seçin.

Bu seçim, sistemin topraklama yöntemi, kondansatör dizisinde istenilen koruma düzeni, dizinin bağlanacağı noktadaki kısadevre gücü ve istenilen dizi gücünden etkilenir. Her seçeneğin olumlu ve olumsuz yönleri bir önceki bölümde verilmiştir.

Basamak 2- Üç Fazlı KVAR Gücü ve Fazlararası Gerilimi Belirleyin.

önceki çalışmalarla bağlantı noktasında üretilmek istenilen reaktif güç ve bu noktadaki fazlararası gerilim belirlenmiş olmalıdır.

Basamak 3- Kondansatör Ünite Gerilimini Belirleyin.

Bu seçim, eldeki ünite gerilimleri, çeşitli ünite gerilimlerinde önceki deneyler, diğer kondansatör üniteleriyle değiştirme ve yedekleme gibi etmenler gözönüne alınarak yapılır. Seçimimiz, her fazdaki seri grup sayısını ve buna bağlı olarak düzenlenebilecek en küçük dizi gücünü belirleyecektir. Ünite gerilimlerini olabildiğince yük-

sek tutarak seri grup sayısını azaltmak, bir sonraki bölümde anlatılacak koruma gerekleri açısından arzulanır. Bugün artık 20 KV'un üzerinde ünitelerde son derece güvenilir bir şekilde kullanılmaktadır. NEMA standart ünite gerilimleri aşağıda verilmiştir. Ayrıca, kondansatör üreticileri standart dışı ve istenilen gerilimde kondansatör üretebilmektedirler.

NEMA Standart Kondansatör Gerilimleri (Volt)

2400	4800	7620	9540	12470	14400
2770	6640	7960	9960	13280	19920
4160	7200	8320	11400	13800	21600

Basamak 4- Her Fazdaki Seri Grup Sayısını Belirleyin.

Seri grup sayısını bulmak için faz-toprak gerilimi ünite gerilimine bölünür. Delta bağlı dizide fazlararası gerilim ünite gerilimine bölünür. Seri grup sayısı, bir grupta ünitelerden birinin devredışı kalması sonucu diğerleri üzerindeki gerilim yükselmesini belirleyecektir. Bu gerilim yükselmesi, seri gruptaki ünite sayısı artırılarak sınırlandırılabilir. Verilen bir seri grup sayısı ve verilen bir ünite gücü için, gerilim yükselmesini % 10'un altında tutan minimum bir dizi gücü vardır. Çeşitli bağlantı şekilleri için en küçük dizi güçleri aşağıdaki tablodan bulunabilir. Verilen bir seri grup sayısı ve verilen bir dizi gücünü sağlamak üzere ünite gücü azaltılabilir fakat bu maliyeti arttırır.

Seri Grup Başına En Az Paralel Ünite

Seri Grup Sayısı	Nötrü Topraksız Yıldız	Nötrü Topraklı Yıldız ve Delta
1	4	1
2	8	6
3	9	8
4	9	9
5	10	9
6	10	9
7	10	10
8	10	10
9	11	11
10	11	11

En Küçük Dizi KVAR'ı = 3 x Seri Grup x

Seri Grup Başına En Az Paralel Ünite x Ünite Gücü

Basamak 5- Fiziksel Yerleştirme Düzenini Seçin.

Diziyi oluşturacak üniteler, seri grup sayısı, eldeki alan, kapalı ortamda ya da açık ortamda çalışma, bağlantı şekli gibi birçok etmen gözönüne alınarak çelik ya da alüminyumdan yapılmış iskeletlerle yerleştirilir. Üniteler dik ya da yatık olarak bağlanabilirler. 14 KV'tan büyük gerilimlerde yatık yerleştirme tercih edilir. İskelet, elektriksel bağlantı ortamı olarak kullanılabilir ya da yalıtılmış olabilir. Tek buşingli üniteler kullanmak ve iskeleti devrenin bir parçası olarak kullanmak maliyeti düşürür.

Basamak 6- İskeletler Arasındaki İzolatörleri Seçin.

Bu seçim, bağlantı şekli, iskeletlerin fiziksel yerleştirilmesi, seri grup sayısı ve işletme gerilimi gibi birçok faktörden etkilenir. Her dizi için ayrı ayrı hesaplar yapılmalıdır.

5- Dizilerin Korunması

Kondansatör dizilerinin korunmasında birbiri ile koordine edilmesi gereken birçok sistem vardır. Bunlar, bireysel ünite koruması, dengesizlik koruması, kısadevre koruması, terminal yüksekgerilim koruması, darbe gerilim koruması gibi sistemlerdir. Terminal yüksekgerilim koruması, terminal geriliminin anma gerilimini % 10 aşması durumunda kesiciyi bloke ederek dizinin devreye alınmasını engelleyen sistemdir. Darbe gerilim koruması dizinin yıldırım ve diğer geçici durum gerilim darbelerinden korunmasıdır. Bu koruma nötrü topraklı yıldız dizilerde gereksiz olabilir, diğer dizilerde kaynak tarafındaki hatlara uygun seçilmiş parafudurlann konmasıyla sağlanır. Bireysel ünite koruması, seri bağlı akım sınırlayıcı tipte sigortalarla ünite içindeki kısadevrelerin ünite kabını patlatmasının engellenmesi ve ünite buşingindeki atlamaların paralel bağlı kondansatörleri kısadevre ederek zorlamasının sınırlandırılması işlevlerini görür. Dengesizlik koruması, bir seri grup içindeki kısadevreler sonucu sağlam kondansatörlerin uzun süre yüksek gerilim altında kalmasını engelleme amacını güder ve bir seri grubun terminallerinin uzun süre kısadevre olması halinde diziyi devre dışına alır. Kısadevre koruması, dizi içinde fazlararası ya da faz-toprak kısadevrelerinde diziyi devreden alır. Bu son üç koruma, kendi aralarında koordine edilmelidir.

A- Ünite Koruması: Kondansatör üniteleri, standartlara göre anma akımının % 135'ine kadar aşırı akımları sürekli taşıyabilirler. Ünite içinde uzun süreli bir kısadevre oluşması durumunda aşırı akım çok artar ve yalıtıcı sıvının gaza dönüşmesi kondansatör kabını patlatabilir. Bu, hem çevre kirliliği ve yangın tehlikesi açısından hem de yakınındaki sağlam ünitelerin zarar görmesi açısından önlenmesi gereken durumdur. Dizideki üniteler, içten ya da dıştan bağlı sigortalarla korunur. Bu sigortaların, akımı normal frekans sıfırından önce kesebilmesi açısından akım sınırlayıcı tipte olması arzu edilir. Sigorta anma akımının seçilmesi iki sınırdan etkilenir. Sağlam elemanlardaki zararları azaltmak ve kabın patlamasının önlenmesi için sigortanın yeteri kadar "hızlı" olması gereklidir. Buna karşılık, yanlış algılamaları, gereksiz açmaları önlemek açısından "tembel" olması istenir. Ünite anma akımının 135 katı ile 1.65 katı arasında değişen bir sigorta* akımı bu sınırlar içinde kalır. Kullanıcı özel şartlarını ve gereksinmelerini gözönüne alarak seçimini yapar. Aşırı gerilim yükselmelerinin ve harmoniklerin beklen-

mediği noktalardaki dizilerde 135'lik bir sigorta faktörü uygun bir seçimdir. Sigortanın kesebileceği enerji büyüklüğünün seçilmesinde, paralel ünitelerden gelecek enerji belirleyici rol oynar. Ünite sigortalarının dıştan konulması atmış sigortaların gözle görülebilmesi açısından tercih edilir.

B- Dengesizlik Koruması: Bu koruma sistemi, bir seri grupta, bir kondansatörün devredışı kalması halinde paralel bağlı diğer kondansatörler üzerindeki gerilim yükselmesinin sınırlandırılması amacını taşır. Standart kondansatörler, anma gerilimlerinin % 110'una sürekli, % 150'sine 5 dakika, % 220'sine 1 dakika, % 300'üne 0.12 saniye ve % 480'ine ise 10 milisaniye dayanmalıdırlar. Dengesizlik koruması, ünite gerilimi anma geriliminin % 110'unu aştığı zaman dizinin devre dışına alınmasıdır. Dizinin bağlantı şekli, her fazdaki seri grup sayısı ve her seri gruptaki paralel kondansatör sayısı, seri grupta bir sigortanın açması durumunda diğerlerindeki gerilim yükselmesini belirler. Bu kısımda dengesizlik koruması hesabı, nötrü topraklı örnek bir dizi üzerinde açıklanmıştır.

Empedansı (ve kondaktansı) bir birim olan kondansatör ünitelerinden 10 tanesini paralel bağlayıp bu grubun uçlarına 1 birimlik gerilim uygulayalım. Toplam 10 birim akım geçecektir. 2 birimlik bir gerilim uyguladığımızda toplam akım 20 birim olacaktır. Demek ki bir seri grup üzerinden geçen akım, bu gruba uygulanan gerilim ile gruptaki paralel kondansatör sayısının çarpımına eşittir. Birçok seri grubun oluşturduğu bir kolda, her seri gruptaki kondansatör sayısı ile bu grup üzerinde düşen gerilimin çarpımı sabittir. Çünkü tüm seri gruplardan aynı akım geçmektedir.

Onar paralel kondansatörden oluşan iki seri grubu faz ile toprak arasına bağladığımızı düşünelim. Birinci gruptan bir sigortanın açmasıyla bu gruptaki kondansatör sayısı 9'a düşer.

Kondansatör Sayısı	Gerilim	Çarpım	Anma Gerilimi	p.u. Gerilim
9	10	90	95	10/9J = 1.052
10	9	90	95	9/95 = 0.547

Seri grupların empedanslarının oranına göre artık, 1. seri grup üzerinde 10 birim gerilim varsa, 2. grupta 9 birim gerilim düşecektir ve her iki gruptaki akım aynı olacaktır. Bu birimler keyfidir, yani artık faz gerilimini 19 birim kabul edeceğiz. Her iki gruptaki akımlar aynı olduğu için 1. gruptaki 9 ünite ve 10 birim gerilimin çarpımı (90) ile 2. gruptaki 10 ünite ile 9 birim gerilimin çarpımı (90) aynıdır. Toplam faz gerilimini 19 birim kabul etti-

ğimize göre sigorta açmadan önce, yani her grupta 10'ar kondansatör varken, her seri grup üzerinde $19/2 = 95$ birim gerilim vardı. Bu gerilim, kondansatörün anma gerilimi olduğu için sigorta açması sonucu oluşan yüksek gerilim $10/95 = 1.052$ birimdir. Kondansatör üzerinde % 52'lik bir aşırı gerilim oluşmuştur. Bu koldaki akım değişimini de aynı yöntemle hesaplayabiliriz. Başlangıçta 95 birim gerilim altında 95 birim akım geçiren ikinci gruptaki bir kondansatör artık 9 birim gerilim 9 birim akım geçirecektir. Yeni akımın eski (anma) akımına oranı p. u. olarak $(9/95) = 095$ dir. Diğer iki kol kendi aralarında dengeli oldukları ve nötr noktası topraklandığı için, topraktan nötre kollarındaki anma akımının % 53'ü kadar bir akım akacaktır.

Yukarıdaki analizi üç seri grup için tekrarlırsak, birinci grupta bir ünitenin devre dışı kalması durumunda diğerleri üzerindeki gerilim yükselmesini % 7.1, iki ünitenin devre dışı kalması durumunda ise % 15.4 olarak buluruz. Birinci durumda akım değişimi % 3.57 olmasına karşılık ikinci durumda % 7.69 olarak hesaplayabiliriz. Görüldüğü gibi bir seri grupta bir ünite devreden çıkarsa dizi devrede tutulabilir. Ancak aynı grupta iki sigortanın açması durumunda dizi devreden alınmalıdır. Nötr toprak bağlantısına konulacak bir akım trafosuyla dengesizliği algılayabiliriz. Akım sinyalinin denetlediği iki kontaklı bir rölenin birinci kontağını faz anma akımının % 3.57'sinin biraz altına, ikincisini % 7.69'unun biraz altına ayarlayarak bir sigortanın atmasında alarm verilmesi fakat dizinin devrede kalması, ikinci sigortanın da atması halinde ise tüm dizinin devreden alınması şeklinde çalışan bir dengesizlik koruma sistemi tasarlanabilir. Sigortanın atması sırasında seri grup tamamıyla kısadevre olmuş kabul edilebilir. Bu durumda faz gerilimi sadece kalan iki grup üzerinde düşeceği için, hatalı kolda bir süre için çok yüksek bir akım geçecektir. Dengesizlik koruma rölesinin yanılmasını önlemek için, sigorta Akım-Zaman eğrisinden de yararlanarak hatalı ünitenin devre dışına alınmasına kadar geçen sürede röle bloke edilmedir. Bu akım kontrollü bir zamanlayıcı ile sağlanabilir. Nötrü Yalıtılmış Yıldız ve İki Eşit Parçalı Yıldız şeklinde bağlanmış dizilerin dengesizlik koruma analizi yukarıdaki ne benzer fakat biraz daha karmaşıktır.

Bu kesimde verilen analiz yöntemi, orta ve yüksek gerilim dizi tasarımında ünite gerilimi ve en küçük dizi gücü konusunda bazı noktaları açıklamaktadır.

i- Fazlardaki seri grup sayısı arttıkça, bir seri grupta bir ya da daha çok ünitenin devre dışı kalması durumunda diğerleri üzerindeki gerilim yükselmesi artmaktadır, ii- Her seri gruptaki paralel ünite sayısı artırılarak bu aşırı gerilim sınırlandırılabilir, fakat bu durumda da dizi gücü büyütülmelidir. Küçük güçte bir diziyi düşük gerilimli ünitelerle tasarlamak için bir yol, ünite gücünü azaltmaktır. Bu ünite sayısını ve sonuçta maliyeti arttırır.

C) Kısadevre Koruması: Kısadevre (ya da Aşırıakım) koruması, dizi içinde oluşabilecek fazlararası ya da faz-toprak arızalarında diziyi devre dışına alma amacını taşır. Bu sonuç, çoğunlukla iki bağımsız kontağı olan aşırıakım röleleriyle sağlanır. Röle sinyali, dizi terminal akımından alınır. Birinci kontak, anında açmada kullanılır ve duyarlılığı faz anma akımının 2 ile 4 katı arasında bir değere ayarlanır. 2'ye yakın ayarlama, sistem geçici aşırıakımlarında ya da dizi devreye alınırken istenilmeyen gereksiz açmalara neden olabilir. İkinci kontak gecikmeli olarak dengesizlik korumasını yedeklemekte kullanılır. Bu kontağın duyarlılığı faz anma akımının 15 ile 1.7'si arasında ayarlanır. Bir zamanlayıcı röle dengesizlik korumasının çalışma süresi içinde bu kontağı bloke eder. Eğer bu süre içinde dengesizlik koruması çalışmamış» dizi devre dışına alınır.

6- Bir Örnek

örnek olarak, 154/34.5 KV'luk bir trafo merkezinin indirici tarafına konulacak bir kondansatör dizisi tasarlayalım. Merkezde, kısadevre akımı 12 KA olsun ve gerilimde yüksek harmonik içerik beklensin. Bu merkezden çekilecek reaktif güç 8-10 MVAR dolayında ise 5 MVAR'lık bir dizi hem bu gereksinmeyi büyük ölçüde karşılayacak, hem de barada gerilimi % 122 kadar yükseltecektir. Bu durumda nötrü topraklanmamış yıldız bağlantı iyi bir seçimdir. Dengesizlik korumasını, kollara paralel bağlı gerilim trafolarının sekonderlerini seri bağlayarak sağlayabiliriz. Normalde toplam gerilim sıfır olacak, kollarında dengesizlik durumunda ise nötr noktasında bir gerilim göreceğiz. Bu gerilimi bir röleyle algılayıp korumada kullanabiliriz. Seri grup sayısını en aza, diğer bir deyimle ve indirmek için 19.92 KV'luk üniteler seçeriz. 5 MVAR toplam gücü sağlamak üzere her kola 8 adet 208 KVAR'lık ünite bağlarız. 208 KVAR'lık ünite standart dışıdır, fakat kondansatör üreticileri çoğu zaman fazla bir fiyat farkı almadan bunu sağlayabilirler. Mutlaka standartlar içinde kalmak isteniyorsa, 200 KVAR'lık üniteler kullanarak 4.8 MVAR'lık bir dizi oluşturabiliriz. Her fazda bir seri grup ve her grupta 8 ünite koruma açısından çok güvenli bir seçimdir. Kollardan birinde ünitenin devre dışı kalması durumunda diğerleri üzerinde gerilim yükselmesi % 45 dolayındadır. Aynı kolda ikinci bir sigortanın daha açtığını kabul edersek gerilim yükselmesi % 9 dolayındadır ve ünitelerin dayanım sınırları içindedir. Biz, artık sigortaların zaman zaman gözle denetleneceğini kabul etsek bile yine de nötr noktasına bağlı gerilim rölemizi bir sigorta attığında alarm, aynı grupta ikinci sigorta attığında devreden alma kumandası verecek şekilde ayarlarız. Ünite sigortalan için sigorta faktörünü 1.45, aşırıakım koruması içinse faz akımı 84 Amper'in 3 katını seçmek koruma sistemlerinin koordineli çalışmasını sağlar.