

ÖZET**BİR SÜPER İLETKEN MAKİNESİNİN SOĞUTULMASINA YÖNELİK CİHAZ VE
USUL**

Mevcut buluş, en az iki kondenser odasının (18, 18', 18'') her birinin bir soğuk başlıkla (16, 16', 16'') termal temasa geçtiği ve en az iki kondenser odasının (18, 18', 18'') her birinin, sayesinde en az iki kondenser odasının (18, 18', 18'') bir buharlaştırıcı odasına (12) akışkansal olarak bağlı olduğu bir bağlantı hattına (20, 20', 20'') sahip olduğu bir süper iletken makinenin (2) soğutulmasına yönelik bir cihaz ve usulle ilgilidir. En az iki kondenser odasındaki (18, 18', 18'') sıcaklık ve bağlantılı basınç farkı ile, en az iki kondenser odasının (18, 18', 18'') sıvı soğutma akışkanı (k) buharlaştırıcı odasına (12) hareket ettirilebilmektedir veya pompalanabilmektedir.

İSTEMLER

1. Bir süper iletken makinenin (2), özellikle termosifon etkisi kullanılarak soğutulmasına yönelik usul olup, aşağıdaki aşamaları içermektedir:

A) sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) bir birinci soğuk başlığa (16, 16' veya 16'') termal olarak bağlı olan bir birinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') artırılması, burada soğutma akışkanı buharlaşmaktadır ve/veya kondenser odasındaki (18, 18' veya 18'') gaz genişlemektedir ve/veya kondenser odasındaki (18, 18' veya 18'') basınç (p_1 , p_2 veya p_3) artmaktadır ve sıvı soğutma akışkanı (k) bir birinci kondenser odası (18, 18' veya 18'') ve bir buharlaştırıcı odası (12) arasındaki bir birinci bağlantı borusunda (20, 20' veya 20'') sıcaklık artışı, buharlaşma ve/veya gaz genişmesi nedeniyle buharlaştırıcı odasına (12) hareket ettirilmektedir, ve

B) sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) bir ikinci soğuk başlığa (16, 16' veya 16'') termal olarak bağlı olan en az bir ikinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') eş zamanlı olarak, özellikle birinci kondenser odasındakinden (18, 18' veya 18'') daha düşük olan bir sıcaklığa (T_1 , T_2 veya T_3) düşürülmesi ve bunun sonucunda gaz halindeki soğutma akışkanının (k') birinci kondenser odasındaki (18, 18' veya 18'') sıcaklık artışı ve/veya ikinci kondenser odasındaki (18, 18' veya 18'') sıcaklık düşmesi sonucunda özellikle bir ikinci bağlantı borusu (20, 20' veya 20'') aracılığıyla buharlaştırıcı odasından (12) ikinci kondenser odasına (18, 18' veya 18'') hareket ettirilmesi.

2. Bir süper iletken makinenin (2), özellikle termosifon etkisi kullanılarak soğutulmasına yönelik usul olup, aşağıdaki aşamaları içermektedir:

C) bir birinci soğuk başlığa (16, 16' veya 16'') termal olarak bağlı olan ve bir buharlaştırıcı odasına (12) bir birinci bağlantı borusu (20, 20' veya 20'') aracılığıyla akışkansal olarak bağlı olan bir birinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') sabit bir sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) korunması, ve

D) sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) bir ikinci soğuk başlığa (16, 16' veya 16'') termal olarak bağlı olan en az bir ikinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') eş zamanlı olarak düşürülmesi, böylece gaz halindeki soğutma akışkanının (k') ikinci kondenser odasındaki (18, 18' veya 18'') sıcaklık düşmesi, soğutma akışkanının yoğunlaşması ve/veya gazın sıkışması sonucunda bir ikinci bağlantı borusu (20, 20' veya 20'') aracılığıyla buharlaştırıcı odasından (12) ikinci kondenser odasına (18,

18' veya 18'') veya buharlaştırıcı odası (12) ve ikinci kondenser odası (18, 18' veya 18'') arasında hareket ettirilmesi, ve

E) böylece sıvı soğutma akışkanının (k) en az ikinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') sıcaklığın düşmesi, soğutma akışkanının yoğunlaşması ve/veya gazın sıkışması sonucunda birinci kondenser odası (18, 18' veya 18'') ve buharlaştırıcı odası (12) arasındaki birinci bağlantı borusunda (20, 20' veya 20'') buharlaştırıcı odasına (12) hareket ettirilmesi.

3. İstem 1 veya 2'ye göre usul olup, özelliği sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) üçüncü soğuk başlığa (16, 16' veya 16'') termal olarak bağlı olan en az bir üçüncü kondenser odasında (18, 18' veya 18'') eş zamanlı olarak sabit tutulması veya düşürülmesidir.

4. İstem 3'e göre usul olup, özelliği doğrudan veya dolaylı olarak aşama A) ve B) veya C) - E)'den sonra sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) aşama A) ve B) veya C) - E) sırasında artırılmış veya sabit bir seviyede tutulmuş olduğu en az bir kondenser odasında (18, 18' veya 18'') sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) düşürülmesi veya sabit bir seviyede tutulmasıdır ve sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) aşama A) ve B) veya C) - E) sırasında sabit seviyede tutulduğu veya düşürülmüş olduğu en az bir ikinci, özellikle ikinci ve üçüncü kondenser odasında (18, 18' veya 18'') sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) artırılması veya sabit bir seviyede tutulmasıdır.

5. Bir süper iletken makinenin (2), özellikle termosifon etkisi kullanılarak soğutulmasına yönelik usul olup, şu aşamaları içermektedir: bir birinci soğuk başlığa (16, 16' veya 16'') termal olarak bağlı olan bir birinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') ve bir ikinci soğuk başlığa (16, 16' veya 16'') termal olarak bağlı olan en az bir ikinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) eş zamanlı olarak artırılması, burada birinci kondenser odasındaki (18, 18' veya 18'') sıcaklık ve/veya sıcaklık artışı ikinci kondenser odasındakinden (18, 18' veya 18'') daha fazladır, bunun sonucunda birinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') ikinci kondenser odasına (18, 18' veya 18'') göre daha fazla soğutma akışkanı buharlaşmaktadır ve/veya gaz daha fazla genleşmektedir ve/veya birinci ve ikinci kondenser odasındaki (18, 18' veya 18'') basınçlar arasında bir basınç farkı ortaya çıkmakta veya artmaktadır ve bunun sonucunda sıvı soğutma akışkanı (k) birinci kondenser odası (18, 18' veya 18'') ve bir buharlaştırıcı odası (12) arasındaki bir birinci bağlantı borusunda (20, 20' veya 20'') hareket ettirilmektedir ve gaz halindeki soğutma akışkanı (k'), özellikle bir ikinci bağlantı borusu (20, 20' veya 20'') aracılığıyla buharlaştırıcı odasından (12) ikinci kondenser odasına (18, 18' veya 18'') hareket ettirilmektedir.

6. Bir süper iletken makinenin (2), özellikle termosifon etkisi kullanılarak soğutulmasına yönelik usul olup, şu aşamaları içermektedir: bir birinci soğuk başlığa (16, 16' veya 16'') termal olarak bağlı olan bir birinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') ve bir ikinci soğuk başlığa (16, 16' veya 16'') termal olarak bağlı olan en az bir ikinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) eş zamanlı olarak düşürülmesi, burada birinci kondenser odasındaki (18, 18' veya 18'') sıcaklık ikinci kondenser odasındakinden (18, 18' veya 18'') daha azdır ve/veya birinci kondenser odasındaki (18, 18' veya 18'') sıcaklık düşüşü ikinci kondenser odasındakinden (18, 18' veya 18'') daha fazladır ve bunun sonucunda birinci kondenser odasında (18, 18' veya 18'') ikinci kondenser odasına (18, 18' veya 18'') göre daha fazla soğutma akışkanı yoğunlaşmaktadır ve/veya gaz daha sıkışmaktadır ve/veya birinci ve ikinci kondenser odasındaki (18, 18' veya 18'') basınçlar (p_1 , p_2 veya p_3) arasında bir basınç farkı ortaya çıkmakta veya artmaktadır ve bunun sonucunda sıvı soğutma akışkanı (k), ikinci kondenser odası (18, 18' veya 18'') ve bir buharlaştırıcı odası (12) arasındaki bir ikinci bağlantı borusunda (20, 20' veya 20'') hareket ettirilmektedir ve gaz halindeki soğutma akışkanı (k'), özellikle bir birinci bağlantı borusu (20, 20' veya 20'') aracılığıyla buharlaştırıcı odasından (12) birinci kondenser odasına (18, 18' veya 18'') hareket ettirilmektedir.
7. İstem 5 veya 6'ya göre usul olup, özelliği sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) en azından bir üçüncü soğuk başlığa (16, 16' veya 16'') termal olarak bağlı olan bir üçüncü kondenser odasında (18, 18' veya 18'') eş zamanlı olarak artırılması, korunması veya düşürülmesidir.
8. İstem 7'ye göre usul olup, özelliği doğrudan veya dolaylı olarak bunu takiben sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3), sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) artırılmış olduğu kondenser odalarında (18, 18' veya 18'') azaltılmasıdır ve/veya doğrudan veya dolaylı olarak bunu takiben sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3), sıcaklığın (T_1 , T_2 veya T_3) azaltılmış olduğu kondenser odalarında (18, 18' veya 18'') artırılmasıdır.
9. Önceki istemlerden birine göre usul olup, özelliği usulün sıvı soğutma akışkanını (k) buharlaştırıcı odasına (12) sürekli veya darbeli olarak pompalama işlemi olarak yürütülmesidir.
10. Önceki istemlerden birine göre usul olup, özelliği sıcaklığın düşürülmesinin, en az bir soğuk başlığın (16, 16', 16'') yardımıyla gerçekleştirilmesi ve/veya sıcaklık artışının en az bir soğuk başlığın (16, 16', 16'') yardımıyla ve/veya bir ısıtma cihazının yardımıyla ısıtma yoluyla gerçekleştirilmesidir.

11. Önceki istemlerden birine göre usul olup, özelliği soğutma akışkanının (k, k') hareketinin, özellikle soğutma akışkanı hareketiyle basınç dengelemesi durumunda ve/veya özellikle yer çekimi kuvvetine karşı yalnızca kondenser odalarındaki (18, 18', 18'') ve buharlaştırıcı odasındaki (12) basınç ve/veya sıcaklık farkları aracılığıyla düzenlenmesi veya kontrol edilmesidir.
12. Önceki istemlerden birine göre usul olup, özelliği buharlaştırıcı odasında (12) soğutma akışkanının sıvıdan (k) gaz (k') hale geçebilmesi ve bir döner süper iletken cihazı, özellikle bir motora veya jeneratöre ait bir rotorun (5) bir süper iletken sargısını (10) soğutmasıdır, burada süper iletken sargısı (10) özellikle HTS malzemesi içermektedir ve/veya burada buharlaştırıcı odası (12) rotor (5) içerisinde, özellikle rotorun (5) dönüş eksenini (A) boyunca bir silindirik boşluk (12, 13) olarak döner şekilde düzenlenebilmektedir.
13. Önceki istemlerden birine göre usul olup, özelliği en az iki soğuk başlığın (16, 16', 16'') ve en az iki kondenser odasının (18, 18', 18'') ve özellikle de, özellikle bağlantı borularını (20, 20', 20'') saran bir kompozit borunun kapsadığı en az iki bağlantı borusunun 20, 20', 20'') sabit bir pozisyonda düzenlenmesidir.

TARİFNAME

BİR SÜPER İLETKEN MAKİNEİNİN SOĞUTULMASINA YÖNELİK CİHAZ VE USUL

Mevcut buluş, en az iki kondenser odasının her birinin bir soğuk başlıkla termal temasa geçtiği ve en az iki kondenser odasının her birinin, sayesinde en az iki kondenser odasının bir buharlaştırıcı odasına akışkansal olarak bağlı olduğu bir bağlantı hattına sahip olduğu bir süper iletken makinenin soğutulmasına yönelik bir usulle ilgilidir.

Süper iletken makineler genellikle en azından makinenin çalışması sırasında güvenilir şekilde soğutulmak zorunda olan süper iletken bobinler içermektedir. 77 K üzeri kritik sıcaklıklara (T_c) sahip metal oksit süper iletken malzemeler 1987'den beri bilinmektedir. Bu malzemeler Yüksek T_c Süper İletken (veya HTS) malzemeler olarak da bilinmektedir ve prensipte sıvı azot (LN_2) kullanılarak soğutma tekniğini kolaylaştırmaktadır. HTS'li bobinler içeren makineler bu nedenle örneğin sıvı azot (LN_2) veya sıvı neonla (LN_e) soğutulabilmekte ve/veya çalıştırılabilmektedir.

Kapalı basınçlı helyum gazı devreleri içeren anıldığı şekliyle kriyo-soğutucular biçimindeki soğutma üniteleri, HTS malzemeli sargıların soğutulması amacıyla tercih edilmektedir. Bu tür kriyo-soğutucular özellikle Gifford-McMahon veya Stirling tipindedir veya anıldığı şekliyle darbe tüplü soğutucular şeklinde tasarlanmaktadır. Bunlar, soğutma kapasitelerinin neredeyse bir düğmeye basılmasıyla kullanılabilir olması ve kriyojenik akışkanların kullanılmasının önlenmesi bakımından avantajlıdır. Bu tür soğutma cihazları kullanıldığında, süper iletken sargı örneğin bir soğutucunun bir soğuk başlığına ısı iletimiyle dolaylı olarak soğutulmaktadır (bkz. örneğin "Proc. 16th Int. Cryog. Engng. Conf. (ICEC 16)", Kitakyushu, JP, 20.-24.05.1996, Verlag Elsevier Science, 1997, syf. 1109 - 1129).

Örneğin DE 103 21 463 A1'de açıklanan gibi bir soğutma tekniği, elektrikli makinelerin rotorlarının soğutulmasına yönelik kullanılabilmektedir. Rotor, bir termal iletken sargı yatağında yer alan HTS iletkenlerini içeren bir döner sargı içermektedir. Bu sargı yatağı, sargı yatağından yanal olarak dışarı uzanan boru kesitlerinin bağlı olduğu bir merkezi, eksenel olarak uzanan silindirik boşlukla donatılmaktadır. Bu boru kesitleri, bir soğutma ünitesinin bir kondenser odasına çıkmaktadır; bu kondenser odası, jeodezik olarak daha yüksek bir pozisyonda yer almaktadır ve bu kondenser odası ve merkezi rotor boşluğuyla birlikte bir kapalı tek borulu sistem oluşturmaktadır. Bu boru sistemi, termosifon etkisi olarak anılan etki kullanılarak dolaşımda olan bir soğutucu veya soğutma akışkanı içermektedir. Kondenser

odasındaki soğutma akışkanı kondensatı böylece boru kesitleri aracılığıyla merkezi boşluğa taşınmakta olup, burada ısıyı emerek sargı yatağına ve dolayısıyla HTS sargısına termal bağlantı nedeniyle buharlaşmaktadır. Ardından buharlaşmış soğutma akışkanı, aynı borular aracılığıyla yeniden yoğuştuğu kondenser odasına geri akmaktadır. Bu amaçla gerekli olan

5 soğutma kapasitesi, soğuk başlığı kondenser odasına termal olarak bağlı olan bir soğutma makinesiyle sağlanmaktadır.

DE 10 58 758 A1 sayılı yayın, elektrikli makineyi soğutmak için her biri bir bağlantı hattı aracılığıyla bir kriyostata bağlı olan iki soğuk başlığa sahip bir süper iletken makinenin soğutulmasına yönelik bir cihazı açıklamaktadır.

- 10 Soğutucunun geri dönüş akışı, bir buharlaştırıcı parça olarak hareket eden merkezi boşluk içine hafif aşırı basınçla, bir kondenser ünitesi olarak hareket eden soğutma makinesinin parçalarına doğru tahrik edilmektedir. Buharlaştırıcıdaki gaz oluşumundan ve kondenser odasındaki sıvılaşmadan kaynaklanan bu diferansiyel basınç bu nedenle istenen soğutucu geri dönüş akışına yol açmaktadır. İlgili soğutucu akışları, prensipte, ısı boruları olarak anılan
- 15 borulardan bilinmektedir.

- Dolayısıyla, uygun bir soğutma ünitesi aracılığıyla termosifon soğutma özelliğine sahip bilinen makineler arasında, sıvı soğutucu yalnızca yer çekimi kuvveti kullanılarak taşınmaktadır, böylece ek pompalama sistemlerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu da esasen makineden ve/veya sargı yatağından jeodezik olarak daha yüksek bir pozisyonda bulunmak
- 20 zorunda olan bir soğutma ünitesi veya bir kondenser odası gerektirmektedir. Bu durumla ilişkilendirilen dezavantajlar, makine etrafında ve soğutma ünitesi yapısı etrafında mekansal kısıtlamalar olduğunda özellikle geçerlidir. Böylece örneğin dikey düzenlenmiş bir makine eksenine sahip bir makinede, makineyle tahrik edilen bir nesne, örneğin bir motor, makinenin üstüne yerleştirilebilmektedir. Makine, çevre alanında makine düzleminde kullanılabilir
- 25 serbest alan kalmayacak şekilde kurulmaktadır. Jeodezik olarak daha yüksek pozisyon tahrik edilen nesne tarafından doldurulmaktadır ve bu durumda soğutma ünitesinin jeodezik olarak daha yüksek bir düzenlemesi mümkün değildir. Örneğin demir yollarındaki vagonlar gibi karmaşık uygulamalarda bile vagonun yapım yüksekliği örneğin havai hatların ve/veya tünellerin yüksekliğiyle ilgili düzenlemeler nedeniyle sınırlandırılabilir. Makine
- 30 boyutları yükseklik düzenlemelerinin izin verdiği aralık dahilindeyse soğutma ünitesinin, makine eksenini yatay olarak konumlandırılmış olsa bile makineden jeodezik olarak daha yüksek bir pozisyonda düzenlenmesi yine de mümkün olmayabilmektedir.

Tamamen yer çekimi tahrikli bir soğutucu akışıyla sorun yaşanabilecek bir başka durum, gemi

veya açık deniz kurulumlarıdır. Eğer yukarıda açıklandığı gibi bir makine kurulumu gemilerde veya açık deniz kurulumlarında kullanılıyorsa, örneğin $\pm 5^\circ$ 'yi bulan "trim" olarak bilinen statik dengesizlikler ve/veya örneğin uzunlamasına olarak $\pm 7.5^\circ$ 'yi bulan dinamik dengesizlikler sıkça beklenecektir. Bir sınıflandırma kurumundan gemilerde kullanıma yönelik onay alınması için, bu tür bir makine kurulumunun soğutma sistemi sonuç olarak bu koşullarda bile açık denizlerde seyre uygun bir gemide güvenilir soğutmayı temin etmek zorundadır. Makinenin söz konusu dengesizliklerine müsaade edilecek olursa, boru kesitlerinin merkezi rotor boşluğu ve soğutma ünitesi arasındaki alanının merkezi rotor boşluğundan jeodezik olarak daha alçak olma riski söz konusu olur. Sonuç olarak soğutucu, yer çekimi kuvveti kullanılarak soğutulacak olan rotor boşluğuna ulaşamayacaktır. Bu nedenle makinenin soğutulması ve dolayısıyla çalışması artık garanti edilemeyecektir.

Makine dengesizliklerinde bile güvenilir soğutmayı temin etmek için makinenin, termosifon boru sisteminde maksimum trim pozisyonlarında veya salınım genliklerinde bile her zaman rotor boşluğuna doğru bir eğimin mevcut olacağı şekilde yataya göre açılı olarak düzenlenmesi mümkündür. Öte yandan tam olarak gemi inşasında, gerekli olacak geniş alan gereksinimleri nedeniyle özellikle daha büyük makine uzunluklarında bu tür bir eğimli düzenleme olması istenmemektedir. Alternatif olarak, soğutucunun, sıvı ve gaz halindeki soğutucunun kondenser odasına aynı boru kesitlerinden aktığı bir kondenser odası ve buharlaştırıcı odası arasında dolaştırılmasına yönelik tek borulu bir sistem yerine iki borulu bir sistem kullanılabilmektedir. Bu sistem örneğin WO 00/13296 A'da açıklandığı gibi termosifon etkisini kullanmaktadır. Öte yandan, içi boş rotor shaft bölgesinde gaz halindeki soğutucu için ek bir boru sağlanmak zorundadır. Kondenser odası, soğutma akışkanının kondenser odasından buharlaştırıcı odasına yer çekimi kuvvetiyle güvenilir bir akışımı temin etmeye yeterli olan bir yükseklikte buharlaştırıcı odasına göre jeodezik olarak konumlandırılmak zorundadır. Bu da, kullanılabilirliği örneğin gemilerde sınırlı olabilecek kurulum alanını gerektirmektedir.

Bir mekanik pompa ve/veya mekanik vanalar kullanılarak bir başka bir alternatif sunulmaktadır. Soğutucu bir pompa sistemiyle zorlanabilmektedir. Öte yandan bu, özellikle soğutucular örneğin 25 - 30 K sıcaklıktaysa önemli miktarda ekipman gerektirecektir. Bu tür dolaşım pompaları önemli kayıplara yol açmaktadırlar ve uzun bakım aralıklarına yol açacak şekilde gemi inşasının hizmet ömrü gerekliliklerini nadiren karşılayabilmektedirler.

Bu nedenle mevcut buluşun amacı, makine dengesizliklerden etkilendiğinde dahi güvenilir soğutmayı kolaylaştıran, bir süper iletken makinenin soğutulmasına yönelik bir usulü

sağlamaktır. Bu nedenle kriyojenik sıcaklıklarda karmaşık, maliyetli ve soruna eğimli olduklarından örneğin mekanik pompalar ve vanalar gibi mekanik olarak hareketli parçaların ekarte edilmeleri gerekmektedir. Mevcut buluşun bir başka amacı, bir soğutma akışkanının örneğin mekanik pompalar ve vanalar gibi mekanik olarak hareketli parçalar olmadan yer

5 çekimi kuvvetinin yönüne veya etkisine karşı da hareket ettirilebileceği bir usulün belirtilmesidir.

Belirtilen amaca, İstem 1'in özellikleri ve İstem 2, 5 ve 6'nın özellikleriyle ulaşılmaktadır.

Bir süper iletken makinenin soğutulmasına yönelik usulün avantajlı düzenlemeleri, ilgili bağımlı alt istemlerden ortaya çıkacaktır.

- 10 Bir süper iletken makinenin soğutulmasına yönelik buluşa göre usulün uygulanması için bir cihaz, her biri bir soğuk başlıkla termal temasa geçen en az iki kondenser odasına sahiptir. Bu durumda en az iki kondenser odasının her biri, sayesinde en az iki kondenser odasının bir buharlaştırıcı odasına akışkansal olarak bağlı olduğu bir bağlantı hattına sahiptir. En az iki kondenser odası, bir sıvı soğutma akışkanının, birinci kondenser odasındaki bir birinci basınç
- 15 ile ikinci kondenser odasındaki bir ikinci basınç arasındaki basınç farkı sonucunda en az bir kondenser odasından buharlaştırıcı odasına yer çekimi kuvvetine karşı bile hareket edebileceği şekilde tasarlanmaktadır. Basınçlar, her durumda, kondenser odalarındaki sıcaklığa (soğutucunun kaynama noktası eğrisi) göre belirlenmektedir.

- Her biri buharlaştırıcı odasına bir bağlantı hattına sahip olan iki kondenser odası kullanılarak
- 20 kondenser odalarındaki sıcaklıklar, her durumda kondenser odalarına termal olarak bağlı olan soğuk başlıklar aracılığıyla farklı şekilde ayarlanabilmektedir. Bu da sıvı ve/veya gaz halindeki soğutma akışkanıyla doldurulan kondenser odaları veya bunların iç alanları arasında bir basınç farkı oluşmasını sağlamaktadır. Sıcaklığın arttığı bir kondenser odasında akışkan buharlaşmaktadır ve/veya gaz halindeki soğutma akışkanı genişerek basınç artmaktadır.
- 25 Sıcaklığın düştüğü veya azaldığı bir kondenser odasında basınç, gaz halindeki soğutucu yoğunluğundan düşmektedir. Kondenser odalarındaki veya soğuk başlıklar yoluyla sıcaklık değişimiyle kondenser odaları arasında bir basınç farkı oluşturulmaktadır.

- Basınç farkı, sıvı soğutma akışkanının en az bir bağlantı hattından buharlaştırıcı odasına hareketine neden olmaktadır. Böylece bir başka kondenser odasına kıyasla bir kondenser
- 30 odasındaki daha büyük basınçtan kaynaklanabilecek, buharlaştırıcı odasına kıyasla bir kondenser odasındaki daha büyük basınç sonucunda bir kondenser odasının bağlantı borusundaki soğutma akışkanı, basınç farkı yeterince büyükse yer çekimi kuvvetine karşı

buharlaştırıcı odasına hareket ettirilmektedir. Bu amaçla vanalar veya mekanik pompalar gibi hareketli parçalara ihtiyaç duyulmamaktadır.

Her biri bir soğuk başlığa sahip en az üç kondenser odası da kullanılabilir, burada özellikle en az üç kondenser odasında sıcaklık birbirinden bağımsız olarak sırasıyla tayin edilmiş soğuk başlıklar aracılığıyla düzenlenmiş veya kontrollü bir şekilde ayarlanabilir. Ardından sıcaklık iki kondenser odasında avantajlı şekilde düşürülmektedir ve bir kondenser odasında eş zamanlı olarak artırılmaktadır. Bu durumda, sıcaklığın her zaman birinde artırılırken diğerlerinde azaltılacağı şekilde, sıcaklığın artırıldığı ve azaltıldığı kondenser odalarının art arda açılıp kapatılması mümkündür. Bunun sonucunda sıvı soğutma akışkanı her zaman bir bağlantı borusundan akmaktadır ve güvenilir soğutma temin edilmektedir. Sıcaklığın düşürüldüğü iki kondenser odasında sıvı soğutma akışkanı, üçüncü kondenser odasının bağlantı hattından buharlaştırıcı odasına akarken gaz halindeki soğutma akışkanı sıvılaştırılabilir; bu akışkan, buharlaştırıcı odasından iki önceki kondenser odasına akabilir.

Bir kapalı, özellikle sızdırmaz soğutma devresi, kondenser odaları, bağlantı boruları ve buharlaştırıcı odası aracılığıyla oluşturulabilir. Soğutma akışkanı kaybı yaşanmamaktadır ve soğutma devresi bakım gerektirmemektedir ve özellikle uygun şekilde boyutlandırılmış bir telafi edici hazne sağlanmışsa yeniden soğutma akışkanıyla doldurulmasına gerek olmamaktadır.

Cihaz, bir homojen akışkan, özellikle sıvı azot veya sıvı neon içeren veya bunlardan oluşan veya farklı yoğuşma sıcaklıklarına sahip sıvı soğutucuların bir karışımını içeren bir soğutma akışkanıyla doldurulabilir. Soğutma akışkanının buharlaşma sıcaklığı, süper iletken sargının veya makinenin soğutulabildiği sıcaklığı, yani hangi süper iletken malzemelerin kullanılabileceğini belirlemektedir. Soğutma akışkanının yoğuşma sıcaklığı, buharlaşmış gaz halindeki soğutma akışkanını yeniden sıvılaştırmak için soğuk başlıkların kondenser odasını soğutmak zorunda olduğu sıcaklığı belirlemektedir. Karışımlar veya soğutma akışkanlarına katkılar yoluyla saf maddelerin, örneğin saf azotun veya saf helyumun buharlaştığı veya sıvılaştığı sıcaklıklar arasında olan soğutma akışkanının buharlaştığı veya sıvılaştığı sıcaklıklar da ayarlanabilir.

Süper iletken makine, özellikle en az bir süper iletken sargıya sahip bir rotoru olan bir motor veya bir jeneratör olabilir, burada rotor bir eksen etrafında döner şekilde düzenlenmektedir. Süper iletken sargı HTS malzemesinden oluşabilmekte veya bunu içerebilir. Bu da azotun soğutma akışkanı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Makine

örneğin gemilerde kullanılabilmektedir.

Kondenser odaları ve bu odalara sırasıyla tahsis edilen soğuk başlıklar, rotorun dışında sabit bir pozisyonda düzenlenebilmektedir ve buharlaştırıcı odası, özellikle rotorun dönüş ekseninde boyunca bir silindirik boşluk olarak rotorun içinde döner şekilde düzenlenebilmektedir.

- 5 Bağlantı boruları, termosifon prensibine göre buharlaştırıcı odası içerisine uzanabilmekte ve ayrıca sabit olabilmektedir. Böylece makinenin elverişli özellikleri elde edilmektedir.

Bir süper iletken makinenin, özellikle termosifon etkisi kullanılarak soğutulmasına yönelik buluşa göre bir usul aşağıdaki aşamaları içermektedir:

- 10 A) bir birinci soğuk başlığa termal olarak bağlı olan bir birinci kondenser odasında sıcaklığın artırılması, burada kondenser odasındaki basınç artırılmaktadır ve sıvı soğutma akışkanı, birinci kondenser odası ve bir buharlaştırıcı odası arasındaki bir birinci bağlantı borusunda, buharlaştırıcı odasındaki sıcaklık artışı ve/veya gaz genleşmesi yoluyla hareket ettirilmektedir

ve

- 15 B) sıcaklığın bir ikinci soğuk başlığa termal olarak bağlı olan en az bir ikinci kondenser odasında eş zamanlı olarak düşürülmesi; sıcaklık özellikle birinci kondenser odasındakinden daha düşük olmaktadır ve bunun sonucunda gaz halindeki soğutma akışkanı, birinci kondenser odasındaki sıcaklık artışı ve/veya ikinci kondenser odasındaki sıcaklığın düşmesi sonucunda özellikle buharlaştırıcı odası ve ikinci kondenser odası
20 arasındaki bir ikinci bağlantı borusu aracılığıyla buharlaştırıcı odasından ikinci kondenser odasına hareket ettirilmektedir.

Bir süper iletken makinenin, özellikle termosifon etkisi kullanılarak soğutulmasına yönelik alternatif bir buluşa göre usul aşağıdaki aşamaları içermektedir:

- 25 C) bir soğuk başlığa termal olarak bağlı olan ve bir buharlaştırıcı odasına bir birinci bağlantı borusu aracılığıyla akışkansal olarak bağlı olan bir birinci kondenser odasında sabit bir sıcaklığın korunması

ve

- 30 D) sıcaklığın bir ikinci soğuk başlığa termal olarak bağlı olan en az bir ikinci kondenser odasında eş zamanlı olarak düşürülmesi ve bunun sonucunda gaz halindeki soğutma akışkanı, ikinci kondenser odasındaki sıcaklık düşmesi sonucunda buharlaştırıcı odası ve ikinci kondenser odası arasındaki bir ikinci bağlantı borusu aracılığıyla buharlaştırıcı

odasından ikinci kondenser odasına hareket ettirilmektedir

ve

E) bunun sonucunda sıvı soğutma akışkanının, en az ikinci kondenser odasındaki sıcaklığın düşmesi sonucunda birinci kondenser odası ve buharlaştırıcı odası arasındaki birinci bağlantı borusunda buharlaştırıcı odasına hareket ettirilmesi.

Basınç farkı, birinci kondenser odasındaki sıcaklık artışından kaynaklanmakta veya bu nedenle artmaktadır ve bunun sonucunda buharlaştırıcı odasındaki basınçla karşılaştırıldığında bile birinci kondenser odasında ortaya çıkan aşırı basınç, sıvı soğutma akışkanının buharlaştırıcı odasına zorla yönlendirilmesine neden olmaktadır. Bir sıcaklık artışı hızla ve kolaylıkla uygulanabilmektedir ve bunun sonucunda büyük basınç farkları ortaya çıkabilmektedir ve sıvı soğutma akışkanı, bağlantı borusunda santimetreler ile metreler arasında değişebilen büyük yükseklik farklarıyla yer çekimi kuvvetine karşı hareket ettirilebilmektedir.

Basınç farkı, bu durumda en azından ikinci kondenser odasındaki sıcaklık düşmesinden kaynaklanmakta veya bu nedenle artmaktadır ve bunun sonucunda buharlaştırıcı odasındaki basınçla karşılaştırıldığında bile birinci kondenser odasında ortaya çıkan aşırı basınç, sıvı soğutma akışkanının buharlaştırıcı odasına zorla yönlendirilmesine neden olmaktadır. Sıcaklık düşerse en az ikinci kondenser odasındaki gaz halindeki soğutma akışkanı eş zamanlı olarak sıvılaştırılabilmektedir; bu sıvı, daha sonra buharlaştırıcı odasına hareket ettirilebilmektedir.

Sıcaklık, en azından bir üçüncü soğuk başlığa termal olarak bağlı olan bir üçüncü kondenser odasında sabit tutulabilmekte veya eş zamanlı olarak düşürülebilmektedir. Böylece örneğin aşama C) - E)'de birinci kondenser odasında daha büyük bir negatif basınç oluşabilmektedir ve daha fazla sıvı soğutma akışkanı buharlaştırıcı odasına kısa bir sürede hareket ettirilebilmektedir. Aşama A) ve B)'de birinci ve ikinci kondenser odası arasında ortaya çıkan basınç farkının etkisi bir üçüncü kondenser odasıyla desteklenebilmektedir ve benzer şekilde daha fazla sıvı soğutma akışkanı kısa bir sürede buharlaştırıcı odasına hareket ettirilebilmektedir.

Doğrudan veya dolaylı olarak aşama A) ve B) veya C)- E)'den sonra, aşama A) ve B) veya C) - E) sırasındaki sıcaklığın artmış veya sabit seviyede tutulmuş olduğu en az bir kondenser odasında sıcaklık düşürülebilmektedir veya sabit seviyede tutulabilmektedir. Aşama A) ve B) veya C) - E) sırasında sıcaklığın sabit seviyede tutulmuş veya düşürülmüş olduğu en az bir

ikinci, özellikle ikinci ve üçüncü kondenser odasında sıcaklık artırılabilmekte veya sabit seviyede tutulabilmektedir.

Bir süper iletken makinenin, özellikle termosifon etkisi kullanılarak soğutulmasına yönelik alternatif bir buluşa göre usul şu aşamaları içermektedir: bir soğuk başlığa termal olarak bağlı olan bir birinci kondenser odasında ve bir ikinci soğuk başlığa termal olarak bağlı olan en az bir ikinci kondenser odasında sıcaklığın eş zamanlı olarak artırılması, burada birinci kondenser odasındaki sıcaklık ve/veya sıcaklık artışı ikinci kondenser odasındakinden daha fazladır, bunun sonucunda birinci kondenser odasında ikinci kondenser odasına göre daha fazla soğutma akışkanı buharlaşmaktadır ve/veya gaz daha fazla genişlemektedir ve/veya birinci ve ikinci kondenser odasındaki basınçlar arasında bir basınç farkı ortaya çıkmakta veya artmaktadır ve bunun sonucunda sıvı soğutma akışkanı (k) birinci kondenser odası ve bir buharlaştırıcı odası arasındaki bir birinci bağlantı borusunda hareket ettirilmektedir ve gaz halindeki soğutma akışkanı (k') özellikle ikinci bağlantı borusu aracılığıyla buharlaştırıcı odasından ikinci kondenser odasına hareket ettirilmektedir.

Alternatif olarak bir süper iletken makinenin, özellikle termosifon etkisi kullanılarak soğutulmasına yönelik alternatif bir buluşa göre usul şu aşamaları içerebilmektedir: bir soğuk başlığa termal olarak bağlı olan bir birinci kondenser odasında ve bir ikinci soğuk başlığa termal olarak bağlı olan en az bir ikinci kondenser odasında sıcaklığın eş zamanlı olarak düşürülmesi, burada birinci kondenser odasındaki sıcaklık ikinci kondenser odasındakinden daha azdır ve/veya birinci kondenser odasındaki sıcaklık düşüşü ikinci kondenser odasındakinden daha fazladır ve bunun sonucunda birinci kondenser odasında ikinci kondenser odasına göre daha fazla soğutma akışkanı yoğunlaşmaktadır ve/veya gaz daha fazla sıkışmaktadır ve/veya birinci ve ikinci kondenser odasındaki basınçlar arasında basınç farkı ortaya çıkmakta veya artmaktadır ve bunun sonucunda sıvı soğutma akışkanı (k) ikinci kondenser odası ve bir buharlaştırıcı odası arasındaki bir ikinci bağlantı borusunda hareket ettirilmektedir ve gaz halindeki soğutma akışkanı (k'), özellikle bir birinci bağlantı borusu aracılığıyla buharlaştırıcı odasından birinci kondenser odasına hareket ettirilmektedir.

Bahsi geçen son iki usulde sıcaklık, bir üçüncü soğuk başlığa termal olarak bağlı olan en az bir üçüncü kondenser odasında eş zamanlı olarak artırılabilmekte, sabit tutulabilmekte veya düşürülebilmektedir.

Doğrudan veya dolaylı olarak bunu takiben sıcaklık, sıcaklığın artırılmış olduğu kondenser odalarında azaltılabilmektedir ve/veya doğrudan veya dolaylı olarak bunu takiben sıcaklık, sıcaklığın azaltılmış olduğu kondenser odalarında artırılabilir. Rollerinin kronolojik

olarak birbiriyle değiştirildiği en az üç kondenser odasıyla uygulanan usuller için yukarıda açıklanan avantajlar benzer şekilde bu durumda da geçerlidir.

Bu nedenle usul sıvı soğutma akışkanının sürekli veya darbeli olarak buharlaştırıcı odasına pompalanması işlemi olarak yürütülebilmektedir.

- 5 Sıcaklık düşmesi, en az bir soğuk başlığın yardımıyla soğutma yoluyla gerçekleştirilebilmektedir. Sıcaklık artışı, en az bir soğuk başlığın yardımıyla ve/veya bir ısıtma cihazının yardımıyla ısıtma yoluyla gerçekleştirilebilmektedir.

- Soğutma akışkanının hareketi, özellikle soğutma akışkanı hareketiyle basınç eşitleme durumunda ve/veya özellikle yer çekimi kuvvetine karşı yalnızca kondenser odaları ve
10 buharlaştırıcı odasındaki basınç ve/veya sıcaklık farklarıyla düzenlenebilmekte veya kontrol edilebilmektedir. Bir bağlantı hattındaki sıvı soğutma akışkanını yer çekimi kuvvetine karşı bile buharlaştırıcı odasına hareket ettirmek için vana veya mekanik pompalara artık ihtiyaç olmayacaktır. Böylece kriyo sıcaklıklarda mekanik parçalarla yaşanan sorunlar önlenmektedir ve bakım süresi ve maliyetleri azalmaktadır.

- 15 Buharlaştırıcı odasında soğutma akışkanı, sıvı halden gaz hale geçebilmektedir ve bir döner süper iletken cihazı, özellikle bir motora veya jeneratöre ait bir rotorun bir süper iletken sargısını soğutabilmektedir, burada süper iletken sargı özellikle HTS malzemesini içermektedir. Buharlaştırıcı odası, rotor içinde, özellikle rotorun dönüş eksenini boyunca bir silindirik boşluk olarak döner şekilde düzenlenebilmektedir.

- 20 En az iki soğuk başlık ve en az iki kondenser odası ve özellikle bir kaplayıcı kompozit boru bünyesinde olan en az iki bağlantı borusu bir sabit pozisyonda düzenlenebilmektedir. Bağlantı borularının bir kompozit boruyla kaplanması, sabit ve döner parçalar arasındaki geçişte yer alan conta ve yatak sayısının azaltılmasını sağlamaktadır.

- Bağımlı istemlerin özelliklerine göre avantajlı geliştirmelerle buluşun tercih edilen
25 düzenlemeleri, şekillere dayanılarak ancak bunlarla sınırlı olmadan aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Şekillerde:

Şekil 1, önceki tekniğe göre bir soğutma cihazına sahip bir süper iletken makineyi (2) gösteren bir şematik kesit görünümüdür, ve

- 30 Şekil 2, buluşa göre bir usulün uygulanmasına uygun olan bir soğutma cihazının basitleştirilmiş bir şematik gösterimidir.

Şekillerde ilgili parçalar aynı referans karakterleriyle etiketlenmektedir.

Şekillere göre makinelerin her biri, bir stator ve rotor ve bir atanmış soğutma ünitesi içermektedir. Aşağıda açıklanan makinenin düzenlemesi, özellikle bir senkronize motor veya bir jeneratör olabilmektedir. Makine, prensipte metalik LTS malzemeyi (düşük T_c süper iletken malzeme) veya oksidik HTS malzemeyi (yüksek T_c süper iletken malzeme) kullanan bir döner, süper iletken sargı içermektedir. İkinci malzemenin aşağıdaki örnek düzenleme için kullanıldığı varsayılmaktadır. Sargı, iki kutuplu, dört kutuplu veya herhangi bir sayıda kutuplu olarak düzenlenmiş bir bobin veya bir bobinler sistemi içerebilmektedir. Bir ilgili senkronize motorun temel yapısı, önceki teknikten bilinen haliyle Şekil 1’de gösterilmektedir.

- 2 ile etiketlenmiş makine, bir stator sargısına (4) sahip, oda sıcaklığında olan bir sabit dış mahfaza (3) içermektedir. Bu dış mahfaza içerisinde ve stator sargısı (4) ile çevrelenmiş olarak bir rotor (5) yataklara (6) bir dönüş eksenine (A) etrafında dönebileceği şekilde monte edilmektedir. Bu yataklar, geleneksel mekanik yataklar, hatta manyetik yataklar olabilmektedir. Rotor ayrıca bir HTS sargısına (10) sahip bir sargı yatağının (9) örneğin içi boş, silindirik, tork ileten süspansiyon elemanlarında (8) tutulduğu bir basınçlı kaba (7) sahiptir. Örneğin silindirik biçimli olabilecek, eksenel olarak uzanan bir merkezi boşluk (12) bu sargı yatağında dönüş eksenine (A) göre eş merkezli olarak sağlanmaktadır. Sargı yatağı, bu boşluğa göre basınç geçirmez olarak tasarlanmaktadır. Bir katı eksenel rotor mili parçası (5a) aracılığıyla bu tarafta desteklenen rotorun bir tarafındaki bu boşluğu sızdırmaz hale getirmektedir. Zıt tarafta merkezi boşluk (12) karşılaştırmalı olarak daha küçük bir çapa sahip bir yan boşluğa (13) bağlanmaktadır. Bu yan boşluk, sargı yatağının alanından dış yuvanın (3) alanının dışına çıkmaktadır. Bu yan boşluğu (13) çevreleyen ve yataklardan birine monte edilen bir boru biçimli rotor mili parçası, 5b ile etiketlenmektedir.

- HTS sargısının (10) termal olarak iletken parçalar aracılığıyla dolaylı olarak soğutulmasına yönelik yalnızca bir soğuk başlığının (16) gösterildiği bir soğutma ünitesi sağlanmaktadır. Bu soğutma ünitesi, Gifford-McMahon tipi bir kriyo-soğutucu veya özellikle örneğin darbe tüplü soğutucu veya bir split Stirling soğutucu gibi bir rejeneratif kriyo-soğutucu olabilmektedir. Bu durumda soğuk başlık (16) ve dolayısıyla soğutma ünitesinin tüm ana ve diğer parçaları, rotorun (5) dışında ve/veya dış mahfazası (3) dışında yer almaktadır.

- Örneğin rotorun (5) yan tarafından birkaç metre mesafede düzenlenen soğuk başlığın (16) soğuk kısmı, bir ısı iletici gövde (17) aracılığıyla bir basınçlı kap (23) içerisinde, bir kondenser odasına (18) sahip bir soğutucu kondenser ünitesiyle iyi bir termal temas kurmaktadır. Bu kondenser odası; yan, döner boşluğun (13) veya merkezi boşluğun (12) içine

bir eksenel alanda yana doğru çıkıntı yapan bir basınç yalıtımlı, sabit pozisyonlu ısı borusuna (20) bağlanmaktadır. Şekilde daha ayrıntılı olarak gösterilmeyen ancak en azından bir sızdırmazlık elemanına sahip olan, bir ferro akışkan sızdırmazlık elemanı ve/veya labirent sızdırmazlık elemanı ve/veya boşluk sızdırmazlık elemanı olarak tasarlanabilecek bir sızdırmazlık cihazı (21) ısı borusunu (20) yan boşluktan (13) sızdırmaz hale getirmek için kullanılmaktadır. Merkezi boşluk (12), ısı borusu (20) ve yan boşluk (13) aracılığıyla kondenser odasının (18) ısı değişim alanına, dışarıdan gaz geçirmez şekilde sızdırmaz hale getirileceği şekilde bağlanmaktadır. Bir soğutucuyu tutmak için kullanılan merkezi boşluk (12) ve kondenser odası (18) arasında uzanan boru biçimli parçalar genel olarak boru kesitleri (22) olarak etiketlenmektedir. Bu boru kesitleri, kondenser odası (18) ve merkezi boşlukla (12) birlikte bir boru sistemi olarak kabul edilmektedir.

Bu boru sisteminin bu boşlukları, HTS sargısının (10) istenen çalışma sıcaklığına göre seçilen bir soğutucuyla doldurulmaktadır. Böylece örneğin helyum (normal basınçta yoğunlaşma sıcaklığı 4.2 K), hidrojen (normal basınçta yoğunlaşma sıcaklığı 20.4 K), neon (normal basınçta yoğunlaşma sıcaklığı 27.1 K), azot (normal basınçta yoğunlaşma sıcaklığı 77.4 K) veya argon (normal basınçta yoğunlaşma sıcaklığı 87.3 K) göz önünde bulundurulabilmektedir. Bu gazların karışımları da kullanılabilir. Soğutucu, anıldığı şekliyle bir sifon etkisi kullanılarak dolaştırılmaktadır. Bunun için soğutucu, kondenser odasının (18) alanında soğuk başlığın (16) bir soğuk yüzeyinde yoğunlaşmaktadır. Bu şekilde sıvılaştırılmış ve k ile etiketlenmiş olan soğutucu, boru kesitlerinden (22) merkezi boşluğa (12) akmaktadır. Kondensatın taşınması bu durumda yer çekimi etkisi altında gerçekleşmektedir. Bu amaçla ısı borusu (20) sıvı soğutucunun (k) borunun (20) açık ucundan (20a) dışarı akmasını desteklemek için dünyanın merkezine doğru dönüş eksenine (A) göre avantajlı şekilde (birkaç dereceyle) biraz eğimlidir. Ardından sıvı soğutucu rotorun iç kısmında buharlaşmaktadır. Buharlaşan soğutucu k' ile etiketlenmektedir. Ardından ısı emilimiyle buharlaşan bu soğutucu, boru kesitlerinin (22) iç kısmından kondenser odasına (18) geri akmaktadır. Bu durumda geri dönüş akışı, buharlaştırıcı olarak hareket eden boşluktaki (12) hafif aşırı basınçla kondenser odasına (18) doğru tahrik edilmektedir; söz konusu aşırı basınç buharlaştırıcıda gaz oluşmasından ve kondenser odasındaki sıvılaşmadan kaynaklanmaktadır. Sıvılaştırılmış soğutucunun kondenser odasından (18) merkezi boşluğa (12) dolaşımı ve bu boşluktan buharlaşmış soğutucunun (k') tekrar kondenser odasına geri dönüş akışı kondenser odasından (18), boru kesitlerinden (22) ve boşluktan (12) oluşturulan boru sisteminde gerçekleştiğinden, bu, bir termosifon etkisi kullanılarak soğutucunun (k, k') dolaşımıyla tek borulu bir sistem olarak

tanımlanabilmektedir.

Yine Şekil 1’de gösterildiği gibi makine (2) gemilerde veya açık deniz kurulumlarında kullanıldığı takdirde bir dengesizlik meydana gelebilmektedir, burada dönüş eksen (A) birkaç derecelik bir açıyla (δ) yataya (H) göre eğimlidir. Soğutucunun yoğunlaşması yine de kondenser odasında (18) gerçekleşmektedir ancak soğutucu artık merkezi boşluğa (12) ulaşamamaktadır, böylece boru kesitleri (20) kademeli olarak sıvı soğutucuyla (k) dolmaktadır. Boru sisteminin soğutucuyla dolum miktarı nispeten düşükse iç rotor alanı ve/veya boşluk (12) kuruyabilmektedir ve dolayısıyla daha fazla soğutulamamaktadır. Boru sistemi daha büyük bir dolum miktarına sahip olsa bile boru kesitlerindeki (20) sıvı soğutucunun (k) buharlaştırıcı odasına (12) doğru akışı belirli bir süre sonra engellenmektedir. Rotorun veya süper iletken sargısının güvenilir şekilde soğutulması bu durumda benzer şekilde artık garanti edilmemektedir.

Önceki tekniğe göre gaz basıncının, sıvı soğutucunun boru kesitlerinden (20) merkezi boşluğa (12) doğru (açıda (δ)) eğim olduğu takdirde) yer çekimi kuvvetine karşı zorlanacağı şekilde kondenser tarafında kısa süreyle artırılması için bu durumda bir ayarlama yapılabilir. Bu tür bir basınç artışı, bir ılık tampon hacmi (PV_w) ve bir mekanik pompa (28) yardımıyla önceki tekniğe göre gerçekleştirilmektedir. Bu kaynakların yardımıyla kondenser odasındaki (18) gaz basıncı geçici olarak artırılabilir, böylece orada ve boru kesitlerinde (20) yer alan sıvı soğutucu (k) merkezi boşluğa (12) zorlanmaktadır. Bu nedenle bir kontrol vanası (29) aşırı basınç tampon hacmi (PV_w) ve kondenser odası (18) arasındaki bir bağlantı hattına (24) yerleştirilmektedir ve pompaya (28) olan bağlantıyı açmaktadır; ardından gazı (k') tampon hacminden kondenser odasına taşımaktadır. Bir vana (30) fazla gazın kondenser odasından (18) geri akmasına imkân vermektedir.

Bu şekilde oluşacak basınç salınımı, sürekli olarak, yani kısa, tekrarlayan aralıklarla (her durumda kısa bir süreliğine) gerçekleşebilmektedir veya bir kontrol ünitesinden (27) bilinen tasarımda bir pozisyon sensörüyle (26) kontrol edilebilmektedir. Bu pozisyon sensörü, makinenin (2) eğim açısıyla (δ) dengesizliğini saptamaktadır ve böylece kontrol ünitesi (27) aracılığıyla açıklanmış olan basınç hacminin (gaz darbesi) başlatılmasını tetiklemektedir.

Örneğin sistemin bağlantı hattı (24) aracılığıyla gaz halindeki soğutucuyla doldurulacağı bir dolum vanası gibi gazın sağlanmasına ve uzaklaştırılmasına yönelik diğer parçalar, Şekil 1’de gösterilmemiştir çünkü bu parçalar genel olarak bilinmektedir. Yalnızca sistemdeki yetkisiz aşırı basınçlara yanıt veren bir aşırı basınç vanası (31) gösterilmektedir.

Doğal olarak soğutucuyu (k veya k') kaplayan parçalar veya yuvalar ısı girişine karşı korunmak zorundadır. Bu nedenle termal yalıtım olarak bir basınç kuşatması uygun şekilde sağlanmaktadır ve gerekirse ilgili basınçlı alanlarda süper yalıtım veya yalıtım köpüğü gibi ek yalıtım imkânı da sağlanmaktadır. Basınç kabı (7) bünyesindeki basınç Şekil 1'de V ile etiketlenmektedir. Ayrıca yan boşluğu (13) kaplayan boruyu çevrelemektedir ve sızdırmazlık elemanı (21) kadar uzamaktadır. Isı borusunun (20) yanı sıra kondenser odasını (18) ve ısı ileten gövdeyi (17) çevreleyen basınç V' ile etiketlenmektedir. Gerekirse bir negatif basınç, rotoru (5) çevreleyen ve dış mahfazayla (3) kuşatılan iç boşlukta (32) oluşturulabilmektedir.

Mekanik pompalardan (28) ve vanalardan (29, 30, 31) oluşan sisteminin bir dezavantajı, bir kriyojenik alanda parçaların bir düzenlemesinde - sadelik adına bu düzenleme burada gösterilmemiştir - bu parçalar kriyojenik sıcaklıklarda sorunlara oldukça eğilimli olması ve hareketli parçaların bu sıcaklıklarda kullanımına yönelik tasarımının karmaşık ve maliyetli olmasıdır. Özellikle gemilerde ve diğer makineyle bağlantılı kullanımları açısından uzun vadede bakım yapılmadan çalışmaları gerekmektedir. Bu nedenle, mekanik olarak hareketli parçalar genellikle kırılmaya eğilimli olduklarından asgari düzeye indirilmek zorundadır.

Buluşa göre Şekil 2'de gösterildiği gibi yukarıda açıklanan bir makinede (2) yeni bir soğutma prensibi kullanılmaktadır. Bu durumda pompa (28) ve vanalar (29, 30, 31) gibi parçalar ekarte edilebilmektedir ve makinenin tüm diğer parçaları, aşağıda aksinin belirtildiği yerler hariç, yukarıda Şekil 1'de açıklanan makinenin parçalarıyla benzerdir.

Şekil 1'de gösterilen, bir soğuk başlığa (16) ve bir kondenser odasına (18) sahip cihazın aksine Şekil 2'de gösterilen bir süper iletken makinenin (2) soğutulmasına yönelik buluşa göre cihazın örnek düzenlemesi, her biri bir tahsis edilmiş soğuk başlığa (16, 16', 16'') sahip bir birinci, ikinci ve üçüncü kondenser odasına (18, 18', 18'') sahiptir. Alternatif olarak sadelik adına şemada gösterilmemiş olmakla birlikte tahsis edilmiş soğuk başlıklarıyla (16) iki veya üçten fazla kondenser odası (18) da mevcut olabilmektedir. Her kondenser odası (18, 18', 18''), burada bir bağlantı hattı (20, 20', 20'') olarak anılan bir ısı borusu (20, 20', 20'') aracılığıyla Şekil 1'de merkezi boşlukla (12) sağlanan buharlaştırıcı odasına (12) akışkansal olarak bağlanmaktadır. Bağlantı hatları (20, 20', 20'') bir eğim ve bir V biçimli veya U biçimli kıvrımla tasarlanıp düzenlenmektedir, yani bir akışkanın yer çekimi kuvvetiyle toplanacağı en alt nokta ile birlikte, Şekil 1'de gösterildiği gibi yataya (H) göre biraz açılıdır. Öte yandan bağlantı hatları (20, 20', 20'') farklı formlara sahip olabilmektedir; önemli olan, akışkanın iç kısımlarında bir U boru manometreye benzer şekilde birikebilmesidir.

İlgili bağlantı hatlarına (20, 20', 20'') ve buharlaştırıcı odasına (12) sahip kondenser odaları (18, 18', 18'') bir kapalı sistem, yani dışarıdan akışkan geçirmez olan bir iç boşluk oluşturmaktadır. İç boşluk, aşağıda ayrıca soğutma akışkanı olarak da anılan bir soğutucu (k, k') ile doldurulmaktadır. Soğutma akışkanı, bir sıvı (k) ve/veya gaz (k') agrega durumunda
 5 olabilmektedir, yani bir sıvı soğutma akışkanı (k) ve/veya gaz halindeki soğutma akışkanı (k') olarak bulunabilmektedir.

Rotorun (5) süper iletken sargısının (10) yukarıda Şekil 1'de açıklanmış olduğu gibi bir kriyojenik sıcaklığa (T_k) veya bunun altına soğutulmuş olduğu makinenin çalışması sırasında buharlaştırıcı odası (12) sıvı soğutma akışkanıyla (k) kısmen doldurulmaktadır. Soğutma
 10 akışkanı (k) buharlaşmaktadır ve böylece ısıyı rotordan (5) uzağa iletmektedir ve/veya rotorun (5) süper iletken sargısını (10) soğutmaktadır. Şekil 2, bir süper iletken makinenin (2) zaman içinde bir birinci anda soğutulmasına yönelik buluşa göre cihazı göstermektedir. Zaman içinde bu anda gaz halindeki, buharlaşmış soğutma akışkanı (k') bağlantı hatlarıyla (20' ve 20'') buharlaştırıcı odasından (12) kondenser odalarına (18' ve 18'') taşınmaktadır.
 15 Kondenser odalarındaki (18' ve 18'') sıcaklık (T_2 ve T_3) her hâlükârda tahsis edilmiş soğuk başlıkların (16' ve 16'') yardımıyla soğutma akışkanının (k) yoğunlaşma sıcaklığının altındadır, böylece ısı gaz halindeki soğutma akışkanından (k') uzaklaşmaktadır ve sıvı soğutma akışkanı (k) içerisine yoğunlaşmaktadır. Sıvı soğutma akışkanı (k) bağlantı hatlarında (20' ve 20'') toplanmaktadır.

Birinci kondenser odasında (18) soğutma akışkanının (k) yoğunlaşma sıcaklığının altındaki bir sıcaklıktan başlayarak sıcaklık (T_1) tahsis edilmiş soğuk başlığın (16) ve/veya bir ısıtma cihazının (sadelik adına gösterilmemiştir) yardımıyla soğutma akışkanının (k) yoğunlaşma sıcaklığının üstündeki bir sıcaklığa (T_1^*) artırılmaktadır. Sıvı soğutma akışkanı böylece buharlaşmaktadır ve/veya gaz halindeki soğutma akışkanı (k') birinci kondenser odasında
 20 (18) genişlemektedir, yani birinci kondenser odasındaki (18) basınç (p_1) buharlaştırıcı odasındaki (12) ve iki diğer kondenser odasındaki (18', 18'') (p_2 ve p_3) basınçtan (p_v) daha yüksek olduğu bir seviyeye artırılmaktadır. Böylece bağlantı hattında (20) yer alan sıvı soğutma akışkanı (k) soğutma akışkanının (k) yer çekimi kuvvetini aşan bir basınç kuvvetiyle, yer çekimi etkisiyle buharlaştırıcı odasına (12) zorlanmaktadır. Soğutma akışkanı (k)
 25 kondenser odasından (18) ve bağlantı hattından (20) buharlaştırıcı odasına (12) zorlanmaktadır.

Bu etki, kondenser odalarındaki (18' ve 18'') soğutma ve yoğunlaşma sırasında gaz halindeki soğutma akışkanının (k') hacmindeki azalmayla ortaya çıkan kondenser odalarındaki (18' ve

18'') bir negatif basınçla (p_1 ve p_2) ayrıca artmaktadır. Bu negatif basınç, gaz halindeki soğutma akışkanını (k') buharlaştırıcı odasından (12) bağlantı hatlarına (20' ve 20'') çekmektedir ve böylece buharlaştırıcı odasındaki (12) basıncı (p_v) azaltmaktadır. Birinci kondenser odası (18) ve buharlaştırıcı odası (12) arasındaki basınç farkı ($\Delta p(p_1-p_v)$) böylece artmaktadır ve basınç dengelemeye ek olarak sıvı soğutma akışkanını (k) bağlantı hattından (20) buharlaştırıcı odasına (12) hareket ettirmektedir.

Yukarıda açıklanan işlem, diğerlerinin yanı sıra sıvı soğutma akışkanı (k) tamamen veya en azından neredeyse tamamen bağlantı hattından (20) buharlaştırıcı odasına (12) taşındığında sona ermektedir. Sürekli soğumayı veya buharlaştırıcı odasına (12) sıvı soğutma akışkanının (k) sürekli, yarı sürekli veya darbeli akışını temin etmek için kondenser odalarındaki (18, 18', 18'') sıcaklıklar (T_1 , T_2 , T_3) soğuk başlıklar (16, 16', 16'') aracılığıyla vakitlice takas edilebilmektedir. Bu durumda kondenser odası (18) soğuk başlık (16) aracılığıyla soğutma akışkanının yoğuşma sıcaklığı altındaki bir sıcaklığa soğutulabilmektedir, böylece örneğin kondenser odaları (18 ve 18'') aynı sıcaklığa sahip olabilmektedir. Kondenser odası (18') soğuk başlık (16') veya bir ısıtma cihazı (sadelik adına gösterilmemiştir) aracılığıyla soğutma akışkanının yoğuşma sıcaklığının üstündeki bir sıcaklığa ısıtılabilir. Bu da bu paragrafta açıklanan zaman içinde ikinci anda kondenser odasının (18') zaman içinde birinci andaki kondenser odasıyla (18) aynı şekilde çalışması etkisine ve zaman içinde ikinci anda kondenser odalarının (18 ve 18'') zaman içinde birinci andaki kondenser odalarıyla (18' ve 18'') aynı şekilde çalışması etkisine sahiptir. Kondenser odasında (18') sıcaklık artışı aşırı basınç yaratmaktadır ve sıvı soğutma akışkanını (k) bağlantı hattından (20') buharlaştırıcı odasına (12) taşımaktadır. Bu durum, yalnızca kondenser odaları (18, 18' ve 18'') arasındaki roller takas edilmiş olarak (sıcaklıklar, basınçlar ve akışkan akışları) Şekil 2'de gösterilen duruma benzer olduğundan zaman içinde ikinci andaki işlemle ilgili durum sadelik adına şekillerde gösterilmemiştir.

Zaman içinde üçüncü anda kondenser odalarının (18, 18', 18'') hareketi benzer şekilde takas edilebilmektedir, burada kondenser odası (18'') soğuk başlığın (16'') yardımıyla soğutma akışkanının (k) buharlaşma sıcaklığının üstünde bir sıcaklığa çıkarılabilmektedir. Bu durumda kondenser odaları (18 ve 18') örneğin aynı sıcaklığa, yani soğutma akışkanının yoğuşma sıcaklığının (k') altında bir sıcaklığa sahip olabilmektedir. Kondenser odası (18'') soğuk başlık (16'') ve/veya bir ısıtma cihazı (sadelik adına gösterilmemiştir) yoluyla soğutma akışkanının yoğuşma sıcaklığının üstünde olan bir sıcaklığa ısıtılabilir. Bu da zaman içinde üçüncü anda kondenser odasının (18'') zaman içinde birinci andaki kondenser odasıyla

(18) aynı şekilde çalışması etkisine ve zaman içinde üçüncü anda kondenser odalarının (18 ve 18') zaman içinde birinci andaki kondenser odalarıyla (18' ve 18'') aynı şekilde çalışması etkisine sahiptir. Kondenser odasında (18'') sıcaklık artışı aşırı basınç yaratmaktadır ve sıvı soğutma akışkanını (k) bağlantı hattından (20'') buharlaştırıcı odasına (12) taşımaktadır. Bu

5 durum, yalnızca kondenser odaları (18, 18' ve 18'') arasındaki roller takas edilmiş olarak (sıcaklıklar, basınçlar ve akışkan akışları) Şekil 2'de gösterilen duruma benzer olduğundan üçüncü andaki işlemle ilgili durum sadelik adına şekillerde gösterilmemiştir.

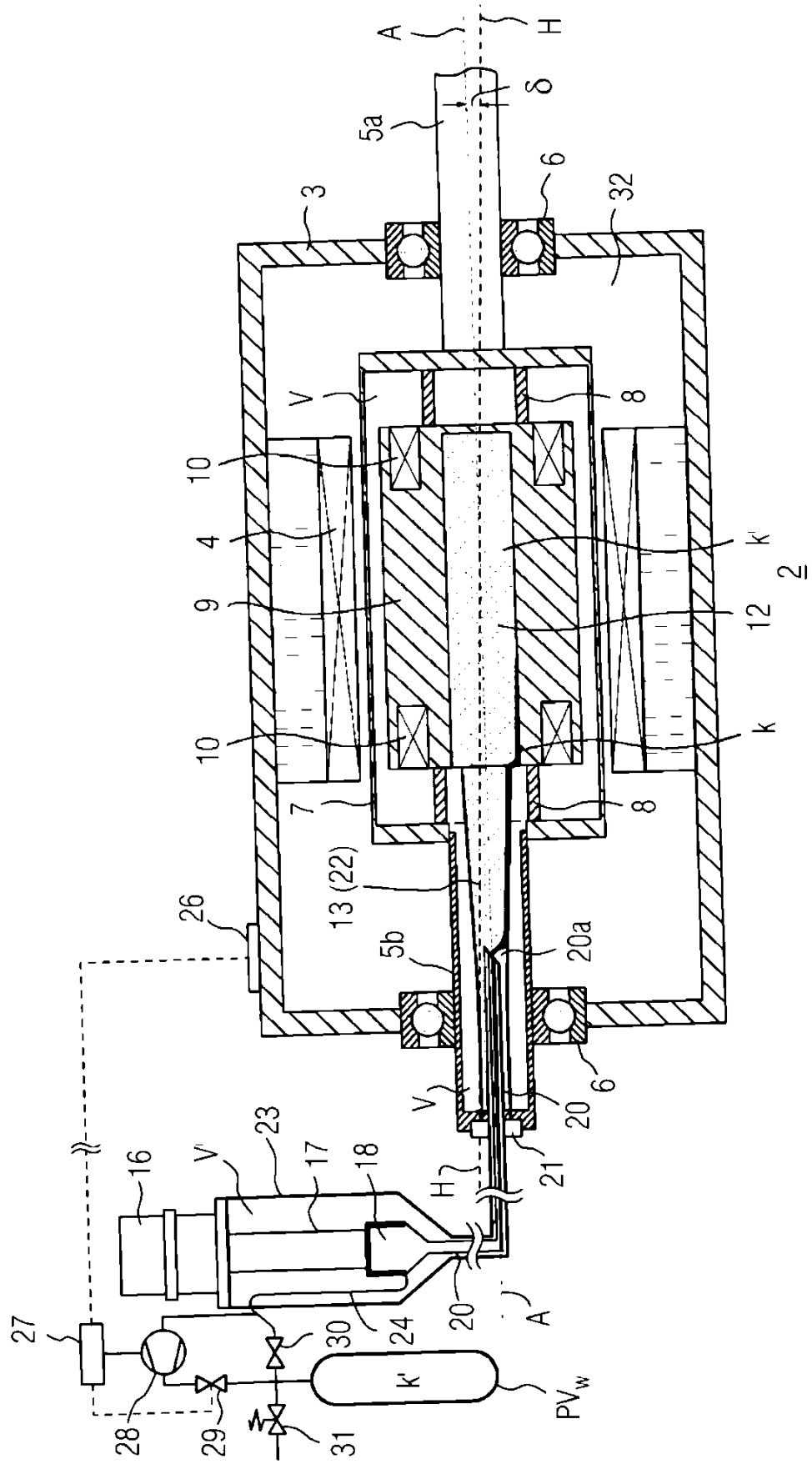
Zaman içinde dördüncü anda zaman içinde birinci anın durumu yeniden belirlenebilmektedir. Sabit bir süre sonra veya farklı zamanlardan sonra kondenser odalarının (18, 18', 18'')

10 hareketlerinin düzenli olarak takas edilmesiyle bir süper iletken makinenin (2) soğutulmasına yönelik cihazın sürekli, yarı sürekli veya darbeli çalışması temin edilebilmektedir.

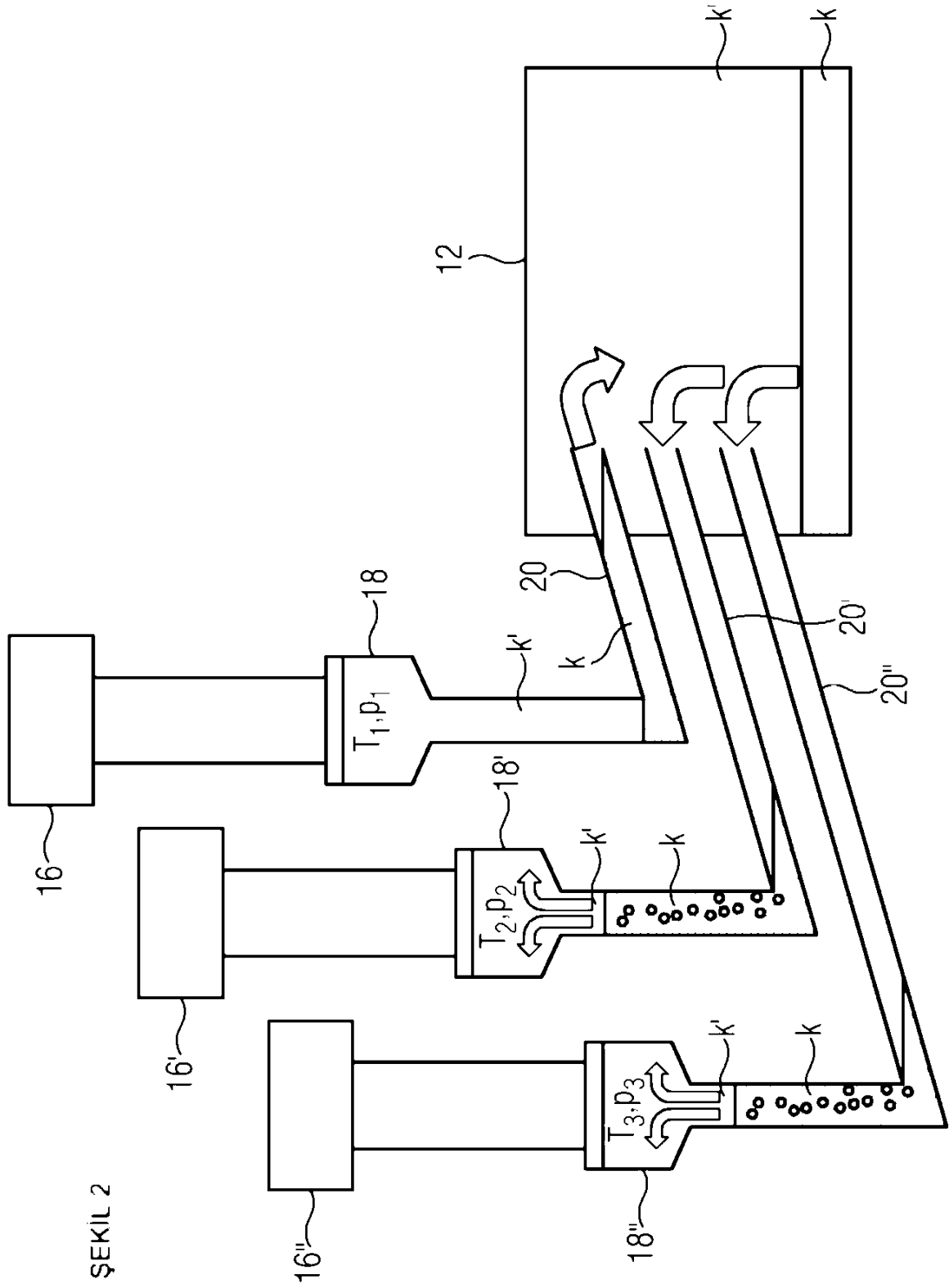
Kondenser odalarının (18, 18', 18'') hareketini takas etmeye yönelik diğer sıralamalar, temel prensip aynı kaldığı sürece mümkündür. Makine (2) böylece örneğin bir gemide kullanıldığı takdirde eğik olsa bile güvenilir bir soğutma işlemi garanti edilebilmektedir.

EP 2 606 494 B1

ŞEKİL 1



EP 2 606 494 B1



ŞEKİL 2