

ÖZET**FİRÇASIZ BİR ELEKTRİK MOTORUNUN İZLENMESİNE VE KUMANDASINA
YÖNELİK SİSTEM VE USUL**

5

Mevcut buluş, fırçasız bir motorun (100) izlenmesine ve kumandasına yönelik bir sisteme ilişkindir. Motor trifaze olup, bir redresör vasıtasıyla bir elektrik güç kaynağına bağlanabilmektedir. Sistem, motora ve redresöre çalışır şekilde bağlanan en az bir çalıştırma düzeneğini içermektedir. Redresör, çalıştırma düzeneğine kesintisiz bir bara gerilimi ve kesintisiz bir referans gerilim sağlamak üzere düzenlenmiştir. Çalıştırma düzeneği, motorun iki fazına eşzamanlı olarak enerji ikmal etmek üzere düzenlenmiş anahtarları içermektedir. Sistem aynı zamanda, motora ve çalıştırma düzeneğine çalışır şekilde bağlanan, motorun güç verilmemiş bir fazında indüklenen gerilimin izlenebilmesine olanak tanıyabilen en az bir gerilim izleme ögesini içermektedir. Ek olarak, sistem aynı zamanda, gerilim izleme ögesine çalışır şekilde bağlanan en az bir kumanda birimini içermektedir.

15

İSTEMLER

1. Fırçasız bir motorun (100) izlenmesine ve kumandasına yönelik sistem olup, motor (100) trifazedir ve bir redresör vasıtasıyla bir elektrik güç kaynağına bağlanabilmektedir, sistemin özelliği, en az aşağıdakileri içermesidir:
- 5 - motora (100) ve redresöre çalışır şekilde bağlanan bir çalıştırma düzeneği (200), redresör, çalıştırma düzeneğine (200) bir bara gerilimi (V_{bar}) ve bir referans gerilim (V_{ref}) sağlamak üzere düzenlenmiştir, bara gerilimi (V_{bar}) ve referans gerilim (V_{ref}) kesintisizdir, çalıştırma düzeneği (200), motorun (100) iki fazına (FA, FB; FA, FC; FB, FC) eşzamanlı olarak enerji
- 10 ikmal etmek üzere düzenlenmiş anahtarları (SW_{1-6}) içermektedir, çalıştırma düzeneği (200) ayrıca, motorda (100) geçici bir akım oluştuğunda, motorun (100) güç verilmemiş bir fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimi, bara gerilimi (V_{bar}) değerinde veya referans gerilim (V_{ref}) değerinde tutabilme yetisine sahiptir;
- 15 - motora (100) ve çalıştırma düzeneğine (200) çalışır şekilde bağlanan bir gerilim izleme ögesi (300), gerilim izleme ögesi (300), motorun (100) güç verilmemiş bir fazında (FC; FB; FA) indüklenen bir gerilimin izlenmesine olanak tanıma yetisine sahiptir ve
- 20 - gerilim izleme ögesine (300) çalışır şekilde bağlanan bir kumanda birimi (400), kumanda birimi (400), bir gerilim düşüşünün gerilim izleme ögesi (300) tarafından algılanmasına olanak tanımak üzere düzenlenmiştir, kumanda birimi (400) ayrıca, motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) okunan indüklenen gerilim değeri, önceden belirlenmiş bir gerilim aralığında (dV) kalan bir değeri gösterdiğinde, motora (100) giden güç ikmalini kesmek üzere, çalıştırma düzeneğinin (200) belli bir anahtarına (SW_{1-6}) belli zaman aralığı boyunca açılma
- 25 komutu vermek üzere düzenlenmiştir, önceden belirlenmiş gerilim aralığı (dV) gerilim düşmesine ilişkindir ve motorun (100) güç verilmemiş en az bir fazında (FC; FB; FA) geçici bir akım oluştuğunu göstermektedir.
2. İstem 1'e uygun sistem olup, özelliği, burada kumanda biriminin (400), gerilim izleme ögesinden (300) gelen bilgiler temelinde, motorun (100) bir konumunu tespit etmek üzere ve/veya motorun (100) konumundaki bir değişikliği izlemek üzere düzenlenmesidir, kumanda birimi (400), motorun (100) konumunun tespitine dayanarak ve/veya motorun (100)
- 30 konumundaki bir değişikliğin algılanmasına dayanarak, motora (100) giden güç ikmalini kesmek üzere çalıştırma düzeneğinin (200) hangi anahtarının (SW_{1-6}) açılması gerektiğini

saptamak üzere düzenlenmiştir.

3. İstem 2'ye uygun sistem olup, özelliği, burada kumanda biriminin (400), anahtara (SW_{1-6}), motorun (100) belli bir süre boyunca bir konumda kaldığı bir zamana yönelik olarak ve motorun (100) iki konumu arasındaki bir geçiş zamanı sırasında motora (100) giden güç ikmalini kesebilen bir açılma komutu vermek amacıyla gerilim izleme ögesini (300) izlemek üzere düzenlenmesidir.
4. İstem 3'e uygun sistem olup, özelliği, burada kumanda biriminin (400), motora (100) giden güç ikmalini kesebilen anahtarın (SW_{1-6}) açılmasıyla eşzamanlı olarak, çalıştırma düzeneğinin (200) ikinci bir anahtarının (SW_{1-6}) açılma ve kapanma tutumuna PWM türünde modülasyon uygulayarak kumanda etmek üzere düzenlenmesidir, kumanda birimi (400) aynı zamanda, motorun (100) konumuna dayanarak, çalıştırma düzeneğinin (200) hangi anahtarının (SW_{1-6}) ikinci anahtar (SW_{1-6}) olarak niteleneceğini saptamak üzere düzenlenmiştir.
5. İstem 4'e uygun sistem olup, özelliği, burada çalıştırma düzeneğinin (200), koruma diyotlarını (DI_{1-6}) içermesidir, burada koruma diyotlarının (DI_{1-6}) her biri, çalıştırma düzeneğinin (200) anahtarlarının (SW_{1-6}) her birine paralel olarak elektrik bağlantılıdır, koruma diyotu (DI_{1-6}), motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimi koruma yetisine sahiptir, gerilim düşüşü, motorun (100) güç verilmemiş fazına (FC; FB; FA) çalışır şekilde bağlanan en az bir koruma diyotunda (DI_{1-6}) algılanmaktadır.
6. İstem 5'e uygun sistem olup, özelliği, burada önceden belirlenmiş gerilim aralığının (dV), bir üst gerilim sınırını ve bir alt gerilim sınırını içeren bir gerilim değerleri aralığından oluşmasıdır, söz konusu üst ve alt gerilim sınırları motorun (100) konumuna dayanarak saptanmaktadır, üst gerilim sınırıyla alt gerilim sınırının arasındaki fark, bir koruma diyotundaki (DI_{1-6}) gerilim düşüşüne ilişkin bir değerden oluşmaktadır, önceden belirlenmiş gerilim aralığı (dV) ayrıca, bara gerilimine (V_{bar}) veya referans gerilime (V_{ref}) ilişkin bir değeri içermektedir.
7. İstem 6'ya uygun sistem olup, özelliği, burada kumanda biriminin (400), motorun (100) güç verilmemiş fazındaki (FC; FB; FA) gerilim karşılaştırmasının, bara (V_{bar}) gerilimini içeren önceden belirlenmiş gerilim aralığıyla (dV) veya referans gerilimi (V_{ref}) içeren önceden belirlenmiş gerilim aralığıyla (dV) yapılması gerektiğine karar vermek üzere düzenlenmesidir, karar motorun (100) konumuna dayanmaktadır.

8. Yukarıdaki istemlerin herhangi birine uygun sistem olup, özelliği, kumanda birimine (400) çalışır şekilde bağlanan en az bir akım izleme ögesini (500) içermesidir, akım izleme ögesi (500), motorun (100) bir toplam akımının kumanda birimi (400) tarafından izlenmesine olanak tanıma yetisine sahiptir, kumanda birimi (400), motora (100) uygulanan gerilimi ayarlamak ve gerilim izleme ögesi (300) tarafından ve akım izleme ögesi (500) tarafından yapılan ölçümlere dayanarak motorun (100) maksimum akımına kumanda etmek üzere düzenlenmiştir, kumanda birimi (400) ayrıca, gerilim izleme ögesinin (300) motorun (100) bir başlatma prosedürü süresi boyunca ve motorun (100) bir çalışma rejimi süresi boyunca izlenmesinin sonucuna dayanarak anahtara (SW₁₋₆), motora (100) giden güç ikmalini kesebilen açılma komutunu sağlamak üzere düzenlenmiştir.
9. Fırçasız bir motorun (100) izlenmesine ve kumandasına yönelik usul olup, motor (100) trifazedir ve bir elektrik güç kaynağına bağlanabilmektedir, elektrik güç kaynağı, motora (100) bir bara geriliminin (V_{bar}) ve bir referans gerilimin (V_{ref}) ikmal edilebilmesine olanak sağlayabilmektedir, bara gerilimi (V_{bar}) ve referans gerilim (V_{ref}) kesintisizdir, usulün özelliği aşağıdaki aşamaları içermesidir:
- i) motorun (100) iki fazına (FA, FB; FA, FC; FB, FC) eşzamanlı olarak elektrik enerjisi ikmal edilmesi;
- ii) motorun (100) konumunda bir değişikliğin meydana geldiği bir anın algılanması ve motorda (100) geçici bir akım oluştuğunda, motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimin, bara gerilimi (V_{bar}) değerinde veya referans gerilim (V_{ref}) değerinde tutulması;
- iii) motorun (100) güç verilmemiş bir fazında (FC; FB; FA) indüklenen bir gerilimin ölçülmesi;
- iv) motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA), aşama (iii) te ölçülen indüklenen gerilimin, önceden belirlenmiş bir gerilim aralığıyla (dV) karşılaştırılması, önceden belirlenmiş gerilim aralığı (dV), motorun (100) güç verilmemiş en az bir fazında (FC; FB; FA) geçici bir akımın oluştuğunu göstermektedir ve
- v) aşama (iv)te yapılan karşılaştırma, motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimin önceden belirlenmiş ikinci bir zaman aralığı (T_2) boyunca önceden belirlenmiş gerilim aralığı (dV) dahilinde kalan bir değerde olduğunu gösterdiği takdirde, motora (100) giden güç ikmalinin önceden belirlenmiş bir ilk zaman aralığı (T_1) boyunca kesilmesi.

10. İstem 9'a uygun usul olup, özelliği, motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimin, bara gerilimi (V_{bar}) değerinde veya referans gerilim (V_{ref}) değerinde sınırlandırılmasına yönelik bir aşamayı içermesidir, söz konusu sınırlandırma aşaması, aşama (iii)ün ikmali öncesinde ve aşama (ii)den sonra yürütülmektedir.
- 5 11. İstem 9 veya 10'a uygun usul olup, özelliği, burada, aşama (ii) nin motorun (100) konumunun tespit edilmesine yönelik bir alt aşamayı içermesi ve aşama (iv)ün, önceden belirlenmiş gerilim aralığının (dV) bir üst gerilim sınırının ve bir alt gerilim sınırının tanımlanmasına yönelik bir alt aşamayı içermesidir, üst ve alt gerilim sınırları, motorun (100) tespit edilen konumuna dayanarak tanımlanmaktadır.
- 10 12. İstem 11'e uygun usul olup, özelliği, önceden belirlenmiş üçüncü bir zaman aralığı ($T3$) kadar bir bekleme aşamasını içermesidir, söz konusu bekleme aşaması, yürütme aşaması (iii) ün öncesinde yürütülmektedir.
13. İstem 12'ye uygun usul olup, özelliği, aşama (iv)te yapılan karşılaştırma, motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimin önceden belirlenmiş gerilim aralığında (dV) kalan bir değerde olduğunu gösterdiğinde bir zaman sayımı aşamasını içermesi ve aşama (iv)te yapılan karşılaştırma, motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimin önceden belirlenmiş gerilim aralığında (dV) kalmayan bir değerde olduğunu gösterdiğinde, bir zaman sıfırlama aşamasını içermesidir.
- 15 14. İstem 13'e uygun usul olup, özelliği, zaman sayımı önceden belirlenmiş ikinci zaman aralığıyla ($T2$) eşdeğer bir zamana ulaştığında, bir zaman sayımı sonlandırma aşamasını içermesidir.
- 20 15. İstem 9 ila 14'ün herhangi birine uygun usul olup, özelliği, burada güç ikmalinin kesilmesi aşamasının (v), motora (100) çalışır şekilde bağlanan bir çalıştırma düzeneğinden (200) meydana gelen bir anahtarın (SW_{1-6}) açılmasına yönelik bir aşamadan oluşmasıdır.
- 25 16. İstem 15'e uygun usul olup, özelliği, burada güç ikmalinin kesilmesi aşamasının (vi), çalıştırma düzeneğinden (200) oluşan bir koruma diyotunda (DI_{1-6}) elektrik akımı iletilmesine yönelik bir alt aşamayı içermesidir, koruma diyotu (DI_{1-6}), bir anahtarla (SW_{1-6}) paralel elektrik bağlantılıdır.
17. İstem 11 ila 16'ya uygun usul olup, özelliği, burada, önceden belirlenmiş gerilim aralığının

(dV) üst gerilim sınırıyla alt gerilim sınırının arasındaki fark, bir koruma diyotundaki (DI_{1-6}) gerilim düşüşüne denk düşen bir değerden oluşmaktadır, önceden belirlenmiş gerilim aralığı (dV), bara (V_{bar}) gerilimini veya bir referans gerilimi (V_{ref}) içermektedir.

- 5 18. İstem 9 ila 17'nin herhangi birine uygun usul olup, özelliği, burada aşamalar (i ila v) motorun (100) bir başlatma prosedürü veya bir çalışma rejimi sırasında gerçekleşmesi ve motorun (100) durma anına dek tekrarlama döngüleri halinde tekrarlanmasıdır.

TARİFNAME

FIRÇASIZ BİR ELEKTRİK MOTORUNUN İZLENMESİNE VE KUMANDASINA YÖNELİK SİSTEM VE USUL

5

Mevcut buluş, fırçasız bir elektrik motorunda, söz konusu motor nispeten yüksek bir tork geçişi olan yüklere tabi olduğunda motorun çalışma randımanını optimize etmek amacıyla istenmeyen geçici aşırı akımların oluşmasını engelleyebilen bir izleme ve kumanda sistemine ilişkindir.

- 10 Mevcut buluş aynı zamanda, fırçasız bir elektrik motorunun izlenmesine ve kumandasına yönelik bir usule ilişkin olup, usul, motor mıknatıslarının manyetikliğini yitirmesinin engellenmesini, aynı zamanda da, söz konusu motorda istenmeyen dahili geçici akımlar meydana geldiğinde dahili bileşenlerinin hasar görmesinin önlenmesini sağlamaktadır.

Bilinen Tekniğe İlişkin Açıklamalar

- 15 Günümüzde, fırçasız türde sabit mıknatıslı elektrik motorları (Fırçasız DC veya BLDC), yüksek randıman ve düşük maliyetin yanı sıra çalışma dayanıklılığı gerektiren uygulamalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bir BLDC motorun çalışma prensibi, fırçaları olan klasik bir kesintisiz akımlı motorunkine (DC) benzemekteyse de, BLDC mıknatısları motor rotoruna monte edilmişken, statorda, motora dönme hareketi sağlayabilen bir döner alanın
- 20 üretilmesinden sorumlu bir bobin takımı takılıdır. Ek olarak, bobinlerin fırçalı bir anahtarlama sistemi vasıtasıyla sıralı olarak eklendiği klasik DC motordan farklı olarak, BLDC motorda, bobinler elektronik bir sistem vasıtasıyla çalıştırılmaktadır ve rotorun statora göre konumuna uygun olarak senkronize edilmeleri gerekmektedir.

- Bu bakımdan, bir BLDC motora elektronik bir sistem vasıtasıyla kumanda edilebilmesi için,
- 25 motor bobinlerinde devre açıp kapamanın saptanabilmesine olanak tanımak üzere rotor konumunun bilinmesi gerekmektedir. Söz konusu rotor konumu, motora hassas bir biçimde kumanda edilmesine olanak tanıyan, ancak, yüksek bir maliyet arz eden, örneğin, HALL etkili

sensörler gibi motora bağlanan sensörlerin ve uygun kodlayıcıların kullanılmasıyla elde edilebilmektedir. Örneğin, soğutmaya yönelik kompresörler gibi belli uygulamalarda, maliyet, inşaa ve güvenilirlik unsurları, böylesi sensörlerin kullanımını neredeyse olanaksız kılmaktadır.

5 Buna karşılık, BLDC motorlara kumanda edilmesine yönelik yaygın olarak bilinen bir teknik, rotorun statora göre konumunu kestirmek üzere motor bobinlerinin bizzat kendilerinden elde edilen bilgilerin kullanılmasından oluşmaktadır. Söz konusu teknik, spesifik olarak bu amaçla tasarlanmış herhangi bir sensör aygıtının kullanılmıyor olmasından ötürü, sensörsüz kumanda olarak bilinmektedir. Genel olarak, bu teknik, trifaze bir motorda, yalnızca iki bobinin eşzamanlı çalıştırılmasıyla, motorun dönme hareketinden dolayı, motorun güç verilmemiş

10 fazında bir gerilime neden olabilen bir manyetik akış değişikliği olacağı öncülüne dayanmaktadır. Bu gerilimin genliği ise, rotorun statora göre konumuyla doğrudan ilişkili olup, dolayısıyla, motorun bir sonraki konumuna yönelik bir anahtarlama anımı kestirmek üzere kullanılabilir.

Halihazırda, sensörsüz kumandada, indüklenen gerilimlerin, motorun kumandasına olanak

15 tanımak üzere konumun algılanmasına olanak tanıyacak şekilde işlenmesine yönelik bilinen belli teknikler bulunmaktadır.

Örneğin, US 2004/ 200263109 sayılı ABD Patent Başvurusunda, bir BLDC motordaki indüklenen gerilimlerin hesaba katıldığı bir kumanda stratejisi tarif edilmekteyse de, söz konusu strateji, yalnızca, motor hareket halindeyken, yani, motor halihazırda, indüklenen

20 gerilimlerin tekniğin kullanımına olanak tanıyan minimum bir genliğe sahip olduğu, yeterli dönüş hızındayken çalışmaktadır. Motor bir başka çalışma durumunda olduğu takdirde, motorun, indüklenen gerilimlerin algılanması mümkün olana dek hareket etmesini sağlayabilen başka tekniklerin kullanılması gerekmektedir.

JP 55005035 sayılı Japon Patent Belgesinde, BLDC motorların sensörsüz kumandayla

25 başlatılmasına yönelik bir teknik tarif edilmektedir. Söz konusu teknik, motor bobinlerine bir akımın belli bir sırayla uygulanmasıyla, motorun konumları arasındaki anahtarlama frekansının, motor indüklenen gerilimlerin izlenebileceği şekilde yeterli bir hıza ulaşana dek kademeli olarak arttırılmasından meydana gelmektedir. Bu noktada, motor, anahtarlamanın bu noktadan itibaren indüklenen gerilimler bazında gerçekleştiği kendinden kumandalı kipe

30 girmektedir. Söz konusu usulün bir dezavantajı, başlatma prosedürü sırasında, indüklenen

gerilimlerin izlenmiyor olması dolayısıyla, bir senkronizasyon kaybı olabilmesidir. Söz konusu senkronizasyon kaybı, motorda manyetiklik yitimine yol açabilen yüksek geçici akımlar oluşturabilmektedir. Bir diğer dezavantaj, söz konusu tekniğin yük değişimlerine çok hassas olup, farklı başlatma torku koşullarında çalıştırıldığında kolayca senkronizasyonu kaybetmesidir.

US 5.019.756 sayılı ABD Patentinde, bir BLDC motorun, oto pilot kipinde çalışana dek harekete geçirilmesine yönelik dört farklı aşaması olan, hız kumandasının motorun indüklenen gerilimlerine uygun olarak yapıldığı bir teknik tarif edilmektedir. İlk aşamada, bir motor bobini düzeneğine, sıfırdan başlayıp maksimum bir değere kadar bir akım uygulanmakta ve söz konusu prosedür, motor rotorunu, bu noktada kumanda sistemi tarafından bilinen bir konumda hizalamaktadır. İkinci aşamada, akım, ikinci bir motor bobini düzeneğine, motor rotorunda istenen bir yönde ivmelenme oluşturacak şekilde aktarılmaktadır. Söz konusu akım, ikinci bobinde belirli bir zaman korunmakta ve bu zaman geçtikten sonra, yine, üçüncü bir bobin düzeneğine yönelik bir anahtarlama oluşarak, başlatma stratejisinin üçüncü aşamasını başlatmaktadır. Bu noktada, motor halihazırda yeterli hıza kavuşmuş olmakta, akabinde de, kumanda, motorun indüklenen gerilimlerini izlemektedir.

Üçüncü aşama sırasında önceden tanımlanmış bir zaman aralığında, kumandanın motorun geçerli bir konumunu algılaması halinde, anahtarlama meydana gelmekte ve motor, motorun indüklenen gerilimleri bazında çalışma özelliğini taşıyan dördüncü aşamaya girmektedir. Geçerli bir konumun algılanmaması halinde, başlatma prosedürü ilk aşamada yeniden başlatılmaktadır. Ancak, bu usul, yüksek başlatma torku gerektiren yüklere uygulandığında, iyi sonuçlar vermeyebilmektedir. Söz konusu yükler, örneğin, denkleştirilmemiş emiş ve tahliye basınçları koşulları (Yüksek Başlatma Torku) altında başlatma gerektiren, soğutma kompresörlerinden meydana gelmektedir. Başlatma geçiş süresinde meydana gelebilen bu koşullarda, motor tahriki indüklenen gerilimlerle senkronizasyonunu kaybetmekte, bu da, motorda dahili geçici akımların oluşmasına yol açmakta ve mıknatısların manyetikliğini yitirmesine neden olabilmekte, hatta, tahrik devresine hasar verebilmektedir. Diğer bir deyişle, dengelenmemiş basınç durumunda, kompresör ilk baştaki geçici basıncı yenmeyi başarana dek, motorun yüksek bir torkunun olması gerekmektedir.

Bir BLDC motorda oluşturulan tork, hem buraya uygulanan akımla, hem de, sabit

mıknatısların ürettiği manyetik akıyla orantılıdır. Bu prensip temelinde, bir motor başlatma prosedürü sırasında maksimum tork istendiği takdirde, buraya uygulanan akımın, söz konusu akımın, motorun indüklenen gerilimleriyle senkronize olarak uygulandığı hesaba katılarak, maksimum değere çıkarılması yetmektedir. Ancak, söz konusu teknik, motorda, yalnızca redresör barasının akımının ölçülmesi dolayısıyla, bilinen tekniklerle doğrudan ölçülemeyen dahili geçici akımların ortaya çıkmasına yol açabilmektedir. Daha önce bahsedildiği gibi, motor aksına aşırı yük binmesi durumunda, konum algılamayla motor tahrikinin arasındaki farklardan kaynaklanan geçici akımlar oluşabilmektedir. Söz konusu farklar, indüklenen gerilimlerin, kesin anahtarlama anının tespit edilmesi için çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

Özellikle, bir BLDC motorun başlatma prosedürü sırasında, motorun, belli bir hız kazanabileceği ve bobinlerinde indüklenen gerilimler vasıtasıyla saptanan konum algılama temelinde çalışmaya başlayacağı gibi, yüksek bir başlatma torkunun gerekeceği durumlar meydana gelebilecektir. Soğutma uygulamalarına yönelik gaz kompresörleri, nispeten yüksek bir başlatma torku gerektiren kapama veya genişleme valfleri bulunan sistemlerde kullanıldığında, başlatma prosedürü sırasında önemli tork geçişlerine yatkın olmaktadır. Böylesi durumlarda, motorun yavaş dönüşü dolayısıyla, motorun konum algılaması olumsuz etkilenerek, bu durumlarda motorun kumandasını kritik kılmaktadır. Diğer bir deyişle, motorun gerçek konumuyla motora uygulanan gerilimin arasındaki fark dolayısıyla, motorun içerisinde, motorun dahili manyetik bileşenlerinde hasara yol açabilecek büyüklük değerlerine varabilen geçici akımlar ortaya çıkabilmektedir. Aynı şekilde, geçici akımların ortaya çıkması, hem uygulamanın gerektirdiği aşırı yük dolayısıyla, hem de, torktaki anlık ve ani değişiklikler dolayısıyla, motorun normal işletme/çalışma rejiminde de meydana gelebilmektedir. Söz konusu geçici akımlar aynı zamanda, uygulamanın gerektirdiği akım düzeylerini karşılamak üzere tasarlanmaları şart olan güç yarıiletkenlerinin boyunu da etkileyebilmek suretiyle, çözümün nihai maliyetinde bir artışa yol açabilmektedir.

Dolayısıyla, başlatma durumunda ve çalışma rejiminde dahili geçici akımların oluşmasını engelleme kapasitesinin yanı sıra yük değişikliklerine dayanıklılığa sahip düşük maliyetli bir BLDC motoru izlemeye ve kumanda etmeye yönelik bir sistem/usul henüz bilinmemektedir.

30 Buluşun Amaçları

5 Bu doğrultuda, mevcut buluşun bir ilk amacı, fırçasız bir elektrik motorunun (BLDC - Fırçasız DC) çalışmasının izlenmesine ve kumandasına yönelik, motorda dahili geçici akımların oluşmasını engelleme kapasitesi olan, aynı zamanda da, sistemde oluşabilen potansiyel yük değişikliklerine karşı dayanıklı olan düşük maliyetli bir sistemin/usulün sağlanmasıdır.

10 Mevcut buluşun ikinci bir amacı da, oluşabilecek potansiyel yük değişikliklerinden etkilenmeyen, fırçasız bir elektrik motorunun (BLDC - Fırçasız DC) çalışmasının, motor nispeten yüksek geçici tork oluşturan yüklere tabi olduğunda, motorun çalışma randımanını optimize edecek şekilde izlenmesine ve kumandasına olanak tanıyabilen bir sistemin/usulün sağlanmasıdır.

15 Mevcut buluşun üçüncü bir amacı ise, fırçasız bir elektrik motorunun (BLDC - Fırçasız DC) izlenmesine ve kumandasına yönelik, motor mıknatıslarının manyetikliğini yitirmesini engelleyebilen, aynı zamanda da, motor, hem başlatmada, hem de çalıştırma durumunda yüksek geçici torklu yüklere maruz kaldığında söz konusu motorda istenmeyen dahili geçici akımlar oluştuğunda motorun dahili bileşenlerinin hasar görmesini önleyebilen, bu suretle de çalışma karakteristiklerini geliştiren düşük maliyetli bir sistemin/usulün sağlanmasıdır.

20 Mevcut buluşun dördüncü bir amacı da, fırçasız bir elektrik motorunun (BLDC - Fırçasız DC) dahili geçici akımlarının dolaylı olarak algılanabilmesine olanak tanıyan bir sistemin/usulün, bunun yanı sıra da, söz konusu akımların giderilmesine yönelik bir algoritmanın sağlanmasıdır.

Buluşun Kısa Açıklaması

25 Buluşun bir veya daha fazla sayıda amacına, fırçasız bir motorun izlenmesine ve kumandasına yönelik bir sistemin sağlanmasıyla ulaşılmakta olup, burada söz konusu motor trifazedir ve bir redresör vasıtasıyla bir elektrik güç kaynağına bağlanabilmektedir. Sistem, motora ve redresöre çalışır şekilde bağlanan en az bir çalıştırma düzeneğini içermekte olup, redresör ise, çalıştırma düzeneğine kesintisiz bir bara gerilimi ve kesintisiz bir referans gerilim sağlamak üzere düzenlenmiştir. Söz konusu çalıştırma düzeneği, motorun iki fazına eşzamanlı olarak güç ikmal etmek üzere düzenlenmiş anahtarları içermektedir. Çalıştırma düzeneği ayrıca, motorda geçici bir akım oluştuğunda, motorun güç verilmemiş bir fazında, indüklenen

gerilimi bara gerilimi değerinde veya referans gerilim değerinde tutabilmektedir. Ek olarak, sistem aynı zamanda, motora ve çalıştırma düzeneğine çalışır şekilde bağlanan, motorun güç verilmemiş bir fazında indüklenen bir gerilimin izlenmesine olanak tanıyabilen en az bir gerilim izleme ögesini içermektedir. Ek olarak, sistem aynı zamanda, gerilim izleme ögesine çalışır şekilde bağlanan en az bir kumanda birimi içermektedir. Söz konusu kumanda birimi, gerilim izleme ögesi tarafından bir gerilim düşüşünün algılanmasına olanak tanıyacak şekilde düzenlenmiştir. Kumanda birimi ayrıca, motorun güç verilmemiş fazında indüklenen gerilim ölçümü, önceden belirlenmiş bir gerilim aralığında olan bir değeri gösterdiğinde motora giden güç ikmalini kesmek üzere, çalıştırma düzeneğinin belli bir anahtarına, belli bir zaman aralığında açılma komutu vermek üzere düzenlenmiş olup, önceden belirlenmiş gerilim aralığı, gerilimdeki düşüşle ilişkilidir ve motorun güç verilmemiş en az bir fazında geçici bir akımın oluştuğunu göstermektedir.

Tercih edilen bir düzenlemede, bir kumanda birimi aynı zamanda, gerilim izleme ögesinden gelen bilgilere dayanarak, motorun bir konumunu tespit etmek ve/veya motorun konumundaki bir değişikliği izlemek üzere düzenlenmiştir.

Tercihen, kumanda birimi aynı zamanda, gerilim izleme ögesinin izleme sonucuna dayanarak, motorun başlatma prosedürü süresi boyunca ve motorun çalışma rejimi süresi boyunca çalıştırma düzeneğinin söz konusu kumandasını sağlamak üzere düzenlenmiştir.

Buluşun bir veya daha fazla sayıda amacına, trifaze olan ve bir elektrik güç kaynağına bağlanabilen fırçasız bir motorun izlenmesine ve kumandasına yönelik bir usulün sağlanmasıyla ulaşılmaktadır. Söz konusu elektrik güç kaynağı, motora kesintisiz bir bara gerilimi ve kesintisiz bir referans gerilim sağlanmasına olanak tanıyabilmektedir. Usul aşağıdaki aşamaları içermektedir:

- i) motorun iki fazına eşzamanlı olarak elektrik enerjisi ikmal edilmesi;
- ii) motorun konumunda bir değişikliğin olduğu bir anın algılanması;
- iii) motorda geçici bir akım oluştuğunda, motorun güç verilmemiş bir fazında indüklenen gerilimin bara gerilimi değerinde veya referans gerilim değerinde tutulması;
- iv) motorun güç verilmemiş bir fazında indüklenen bir gerilimin ölçülmesi;
- v) önceki aşamada (iv) ölçülen, motorun güç verilmemiş fazında indüklenen gerilimin, önceden belirlenmiş bir gerilim aralığıyla karşılaştırılması, önceden belirlenmiş gerilim aralığı, motorun güç verilmemiş en az bir fazında geçici bir akımın oluştuğunu göstermektedir

ve

vi) bir önceki aşamada (v) yapılan karşılaştırma, motorun güç verilmemiş fazında indüklenen gerilimin, önceden belirlenmiş ikinci bir zaman aralığında önceden belirlenmiş gerilim aralığına giren bir değerde olduğunu gösterdiği takdirde, motora giden güç ikmalinin ilk
5 önceden belirlenmiş bir zaman aralığı boyunca kesilmesi.

Diğer bir deyişle, mevcut buluş, motorun dahili geçici akımlarının, söz konusu akımların sönmelenmesi amacıyla, dolaylı olarak algılanmasına yönelik bir teknik sağlamaktadır. Daha spesifik olarak, geçici akımlar, motorun güç verilmemiş bir terminalinin geriliminin analizine dayanarak değerlendirilip tespit edilmekte olup, burada, söz konusu gerilimin karşılaştırması,
10 bir bara gerilimiyle (DC) veya bir referans gerilimle yapılmaktadır. Bu şekilde, akımın redresör biriminin pozitif terminaline veya kaynak referansa iletiildiği hesaba katıldığında, bu dolaylı algılama tekniği kullanılarak, motorun dahili geçici akımlarının olduğunun tespit edilmesi mümkün olmaktadır. Her iki durumda da, akım motorun redresör köprüsünün bir koruma diyotu boyunca akarak, gerilimi bobine baranın gerilim değerinde veya referans
15 gerilim değerinde sevk etmektedir. Söz konusu akımların tespit edilmesinin ardından, motora elektrik enerjisi ikmalini belli bir zaman boyunca kesmek üzere bir kumanda eylemi gerçekleştirilmektedir.

Dolaylı algılama prosedürü ve kumanda eylemi, geçici akımların gelişmesini engellemek üzere, aynı zamanda da, motorun dahili manyetik bileşenlerinin yanı sıra, motorun
20 çalıştırılmasında kullanılan güç yarıiletkenleri korumak üzere, hem motorun bir elektrik konumunda tutulduğu süre boyunca, hem de motorun tüm elektrik konumlarına yönelik olarak gerçekleştirilip tekrarlanmaktadır.

Çizimlere Yönelik Kısa Açıklamalar

Bu noktada mevcut buluş ekteki çizimlere atfen daha detaylı olarak tarif edilecek olup,
25 çizimlerde:

Şekil 1'de, mevcut buluşun tercih edilen bir düzenlemesine uygun fırçasız bir motorun (BLDC -Fırçasız DC) izlenmesine ve kumandasına yönelik bir sistemin bir blok diyagramı gösterilmektedir;

Şekil 2'de, Şekil 1'de gösterilen sistemin BLDC motor tahrikinin karakteristiği olan dalga

biçimlerini temsil eden bir grafik gösterilmektedir;

Şekil 3'te, Şekil 1'de gösterilen sistemin BLDC motorunun, motorun hizalanma aşamasından (S1) başlayarak, açık döngü çalıştırma (S2), son olarak da, motorun hız kumandasının kapalı döngüde gerçekleştirildiği otomatik pilot kipi (S3) olmak üzere tüm çalışma aşamalarını temsil eden bir grafik gösterilmektedir;

Şekil 4'te, Şekil 1'de gösterilen sistemin BLDC motorunda, yüksek tork geçişleri durumlarında aşırı akım oluşmasını, bunun yanı sıra da, söz konusu aşırı akımın BLDC motorun güç verilmemiş bir fazında bir gerilim ölçüm noktasında oluşmasından kaynaklanan etkileri temsil eden bir grafik gösterilmektedir;

10 Şekil 5'te, BLDC motorun "3" numaralı konumunda, BLDC motorda ve Şekil 1'de gösterilen sistemin bir çalıştırma düzeneğinde bir akımın dolaşımı gösterilmektedir;

Şekil 6'da, BLDC motorun "3 numaralı konumundan "4" numaralı konumuna bir konum değişikliği olduğunda, motorun bir anahtarında PWM süresinin kapalı olduğu addedildiğinde Şekil 1'de gösterilen sistemin BLDC motorunun bir fazının (FC) bir manyetizma yitim akımının dolaşımı gösterilmektedir;

15 Şekil 7'de, BLDC motorun "3" numaralı konumundan "4" numaralı konumuna bir konum değişikliği olduğunda, motorun bir anahtarında PWM süresinin açık olduğu addedildiğinde Şekil 1'de gösterilen sistemin BLDC motorunun bir fazının (FC) bir manyetizma yitim akımının dolaşımı gösterilmektedir;

20 Şekil 8'de, Şekil 1'de gösterilen sistemin BLDC motorunda, BLDC motorun "4" numaralı konumunda başlatma prosedüründe tetiklenen istenmeyen bir dahili geçici akımın dolaşımı gösterilmektedir;

Şekil 9, Şekil 1'de gösterilen sistemin BLDC motorunun, BLDC motorun güç verilmemiş fazında indüklenen gerilimde dahili geçici akımlarının etkisinin gösterildiği bir grafiktir;

25 Şekil 10'da, mevcut buluşun tercih edilen bir düzenlemesine uygun fırçasız bir motorun (BLDC - Fırçasız DC), BLDC motorun çalışma rejiminde "4" numaralı konumunda izlenmesine ve kumandasına yönelik bir usulün yürütme aşamalarını temsil eden bir grafik gösterilmektedir;

Şekil 11’de, mevcut buluşun tercih edilen bir düzenlemesine uygun fırçasız bir motorun (BLDC - Fırçasız DC) izlenmesine ve kumandasına yönelik bir usulün, BLDC motorun “1” numaralı konumunda çalışma rejiminde yürütme aşamalarını temsil eden bir grafik gösterilmektedir;

- 5 Şekil 12’de, mevcut buluşun izleme ve kumanda usulünün BLDC motorun “4” numaralı konumunda yürütülmesiyle, bir akımın BLDC motorda ve Şekil 1’de gösterilen sistemin çalıştırma düzeneğinde dolaşımı gösterilmektedir ve

- Şekil 13’te, mevcut buluşun tercih edilen bir düzenlemesine uygun fırçasız bir motorun (BLDC - Fırçasız DC), BLDC motorun bir başlatma prosedürü sırasında izlenmesine ve
10 kumandasına yönelik bir usulün yürütme aşamalarını temsil eden bir grafik gösterilmektedir.

Çizimlere ve Buluşa Yönelik Detaylı Açıklama

Fırçasız bir motorun (Fırçasız DC - BLDC) izlenmesine ve kumandasına yönelik sistem

- Mevcut buluşun konusu olan, fırçasız bir motorun (100) (Fırçasız DC - BLDC) izlenmesine ve kumandasına yönelik sistem, Şekil 1’de, bir blok diyagram olarak şematik olarak
15 gösterilmektedir.

Fırçasız DC - BLDC motor olarak da anılan, trifaze türündeki fırçasız motor (100), tercihen yıldız şeklinde düzenlenmiştir. Alternatif olarak, üçgen türünde düzenek de kullanılabilir. Mevcut buluşun BLDC türündeki sabit mıknatıslı motorların herhangi bir çeşidine de uygulanabildiğinin hesaba katılması önemlidir.

- 20 Motor (100), bir redresör vasıtasıyla alternatif akım haline getirilebilen gerilim sağlayan bir elektrik güç kaynağına bağlanabilmektedir. İsteğe bağlı olarak, mevcut buluşun sistemine, gerilim/kesintisiz akım sağlayan bir elektrik güç kaynağı uygulanabilmekte olup, bu durumda, redresör kullanımına gerek kalmamaktadır. Kesintisiz gerilim güç kaynağının yaygın olarak kullanılan bir örneği bir DC aküdür.

- 25 Tercihen, mevcut buluşun izleme ve kumanda sistemi, ev tipi, ticari veya sınai soğutma donatımına yönelik bir gaz kompresöründe kullanılmaya yönelik bir motora uygulanmaktadır. Doğal olarak, mevcut buluşun sistemi, gerekebilecek uyarlamaların yapılması kaydıyla, gaz kompresörlerine yönelik motorlardan başka uygulamalarda da kullanılabilir.

Şekil 3'te görülebildiği gibi, motorda (100) üç çalışma aşaması bulunmakta olup, burada ilk aşamada (S1), motorun bobinlerinden veya fazlarından ikisine, motor rotorunun (100) bilinen bir konumda hizalandığı ana kadar kademeli olarak bir elektrik akımı uygulanmaktadır. İkinci bir aşamada (S2), motor (100), motorun (100) hareketini sağlayacak şekilde yeni bir düzende çalıştırılmaktadır. Üçüncü aşamada (S3) ise, motor (100), halihazırda, indüklenen gerilimlerin olacağı şekilde yeterli hıza ulaşmış olup, bu nedenle, motorun (100) hız kumandasını sağlamak üzere kapalı döngü çalışma başlatılabilmektedir. Mevcut buluşun sistemi ve usulü, yukarıda bahsedilen aşamalarda (S2 ve S3), istenmeyen geçici akımların tespit edilmesine ve giderilmesine olanak tanıyacak şekilde uygulanabilmektedir.

10 Şekil 1'de görülebileceği gibi, mevcut buluşun sistemi, motora (100) ve redresöre çalışır şekilde bağlanan en az bir çalıştırma düzeneğini (200) içermekte olup, söz konusu redresör ise, söz konusu çalıştırma düzeneğine (200) kesintisiz bir bara gerilimi (V_{bar}) ve kesintisiz bir referans gerilim (V_{ref}) sağlamak üzere düzenlenmiştir. Güç kaynağının kesintisiz türde olması halinde, kesintisiz bir bara gerilimi (V_{bar}) ve kesintisiz bir referans gerilim (V_{ref}) doğrudan çalıştırma düzeneğine (200) sağlanmalıdır.

Yine Şekil 1'e atfen, çalıştırma düzeneği (200), motorun (100) hareketini sağlamak üzere, motorun (100) iki fazına (FA, FB; FA, FC; FB, FC) eşzamanlı olarak elektrik ikmal edecek şekilde düzenlenmiş bir grup anahtarı (SW1-6) içermektedir. Anahtarlar (SW1-6), uygulamanın gerektirdiği şekilde tasarlanmış röleler, diyotlar veya güç transistörlerinden oluşabilmektedir.

Çalıştırma düzeneği (200) aynı zamanda, bir grup koruma diyotunu (DI1-6) içermekte olup, söz konusu koruma diyotlarının (DI_{1-6}) her biri, çalıştırma düzeneğinin (200) anahtarlarının (SW_{1-6}) her birine paralel olarak elektrik bağlantılıdır. Söz konusu koruma diyotu (DI_{1-6}), motorun (100) güç verilmemiş fazındaki (FC; FB; FA) gerilimi, bara gerilimi (V_{bar}) değerinde veya referans gerilim (V_{ref}) değerinde sınırlama ve koruma ("emniyet altına alma") yetisine sahiptir (motorda (100) geçici bir akım oluştuğunda motorun (100) konumuna bağlı olarak).

Tercihen, çalıştırma düzeneği (200), üç çift halinde gruplandırılmış altı anahtarı (SW_{1-6}) içermekte olup, anahtar (SW_{1-6}) çiftleri, Şekil 1'de görülebileceği gibi, paralel olarak birbirine bağlanmaktadır. Bu durumda, çalıştırma düzeneği de (200) altı koruma diyotunu (DI_{1-6})

içermektedir.

Ek olarak, mevcut buluşun sistemi aynı zamanda, motora (100) ve çalıştırma düzeneğine (200) çalışır şekilde bağlanan, motorun (100) güç verilmemiş bir fazında (FC; FB; FA) indüklenen bir gerilimin izlenebilmesine olanak tanıyabilen en az bir gerilim izleme ögesini (300) (gerilim sensörü veya gerilim ölçücü) içermektedir.

Gerilim izleme ögesinin (300) gerçekleştirdiği ölçümler, aynı zamanda, motorun (100) güç verilmemiş fazına (FC; FB; FA) çalışır şekilde bağlanan en az bir koruma diyotundaki (DI_{1-6}) bir gerilim düşüşünü algılanmasına olanak tanımaktadır. Doğal olarak, gerilimdeki bu düşüşün değerinin sağlanması, söz konusu değer akabinde işlenebilmesi amacıyla, kumanda birimi (400) tarafından gerçekleştirilmektedir.

Şekil 1'e atfen, gerilim izleme ögesi (300), bağımsız üç ölçüm barasını içermekte olup, burada her bir ölçüm hattı, motorun (100) bir fazıyla elektrik bağlantılıdır. Diğer bir deyişle, gerilim izleme ögesi (300), motorun (100) her bir fazının bağımsız olarak izlenebilmesine olanak tanıyabilmektedir.

Ek olarak, mevcut buluşun sistemi aynı zamanda, gerilim izleme ögesine (300) çalışır şekilde bağlanan en az bir kumanda birimini (400) içermekte olup, söz konusu kumanda birimi, bir mikro kumanda birimini, bir mikroişlemciyi veya bir mikro kumanda birimiyle veya bir mikroişlemciyle aynı işlevleri gerçekleştiren münferit bileşenlerle, tümleşik devrelerle veya başka analog veya dijital elektronik bileşenlerle donatılmış eşdeğer bir elektronik devreyi içermektedir.

Mevcut buluşun sisteminde, motorun (100) konumuna kumanda etmek üzere, US 2004/0263109 sayılı patent belgesinde tarif edilen tekniğin temel alındığı hesaba katılmalıdır. Genel olarak, kumanda birimi (400), gerilim izleme ögesinin ölçümlerini analiz etmek ve motorun (100) saptanan konumuna göre, çalıştırma düzeneğinin (200) anahtarlarını (SW1, SW2, SW3, ...SW6) Şekil 2'de belirtilen sırayla çalıştırmak üzere düzenlenmiştir. Özellikle, Şekil 2'de, fırçasız trifaze türündeki sabit mıknatıslı bir DC motorun çalıştırılmasında mevcut ideal dalga biçimleri olarak, testere dişi biçimli dalga gösterilmektedir.

Kumanda birimi (400), motorun güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimin ölçümü, motorun (100) en az bir fazında geçici bir akımın oluştuğunu belirten önceden

belirlenmiş bir gerilim aralığında (dV) kalan bir değeri gösterdiğinde, motora (100) güç ikmalini kesmek amacıyla, çalıştırma düzeneğinin (200) belli bir anahtarına (SW₁₋₆) belli bir zaman aralığı boyunca açılma komutu vermek üzere düzenlenmiştir.

5 Ek olarak, kumanda birimi (400) aynı zamanda, gerilim izleme ögesinden (300) gelen bilgilere dayanarak motorun (100) bir konumunu tespit etmek ve/veya motorun (100) konumundaki bir değişikliği izlemek üzere düzenlenmiştir.

10 Bu doğrultuda, motorun (100) tespit edilen konumuna dayanarak ve/veya motorun (100) konumundaki bir değişikliğin algılanmasına dayanarak, motora (100) güç ikmalinin kesilmesi için çalıştırma düzeneğinin (200) hangi anahtarının (SW₁₋₆) açılmasının gerektiği saptanabilmektedir.

15 Önceden belirlenmiş gerilim aralığı (dV), bir üst gerilim sınırını ve bir alt gerilim sınırını içeren bir gerilim değerleri aralığından oluşmaktadır. Söz konusu sınırlar tercihen, motorun (100) konumuna dayanarak (motorun (100) belli bir enerji ikmali düzenine yönelik olarak) saptanmakta olup, burada, üst gerilim sınırıyla alt gerilim sınırının arasındaki fark, bir koruma diyotundaki (DI₁₋₆) gerilim düşüşüyle ilişkili değerden meydana gelmektedir. Doğal olarak, önceden belirlenmiş gerilim aralığı (dV), deneylerle elde edilen sınır değerlerle saptanabilmektedir.

Tercihen, gerilim aralığı (dV), üst gerilim sınırıyla (V_{bar}) alt gerilim sınırının (V_{ref}) arasında olmaktadır.

20 Dolayısıyla, kumanda birimi (400), motorun (100) güç verilmemiş fazındaki (FC; FB; FA) gerilimin karşılaştırmasının, baranın (V_{bar}) bir gerilimini içeren önceden belirlenmiş gerilim aralığıyla (dV) veya referans gerilimini (V_{ref}) içeren önceden belirlenmiş gerilim aralığıyla (dV) yapılması gerektiğine karar vermek üzere düzenlenmiş olup, burada söz konusu karar, motorun (100) belli bir enerji ikmali düzenine yönelik olarak motorun (100) konumuna
25 dayanmaktadır.

Diğer bir deyişle, önceden belirlenmiş gerilim aralığının (dV) modülü büyük ölçüde sabit olup ve bir koruma diyotundaki (DI₁₋₆) gerilim düşüşüyle saptanmaktaysa da, söz konusu aralığın (dV) sınırlarının (alt ve üst) numerik gerilim değerleri, motorun (100) konumuna göre değişmektedir. Örneğin, Şekil 10'da, önceden belirlenmiş gerilim aralığının (dV), fazın (FC)

bobinine güç verilmemişken bir referans gerilimi (V_{ref}) içerdiği görülmektedir. Şekil 11'de, önceden belirlenmiş gerilim aralığının (dV), motorun (100) konumuna (1) yönelik olarak, fazın (FC) bobinine güç verilmemişken bir bara gerilimini (V_{bar}) içerdiği görülmektedir.

5 Dolayısıyla, önceden belirlenmiş gerilim aralığının (dV) motorun (100) hareketine göre "yer değiştirdiği" teyit edilebilmektedir.

Tercihen, önceden belirlenmiş gerilim aralığını (dV) saptamak üzere, önceden belirlenmiş bir telafi değerinden oluşan bir emniyet payının hesaba katılması önem taşımaktadır. Söz konusu telafi değeri, örneğin, elektrik şebekesinde mevcut gürültüye ve bileşenlerin tolerans yüzdesine dayanarak hesaplanabilmektedir.

10 Ayrıca, kumanda birimi (400), gerilim izleme ögesi (300), hem motorun (100) belli bir süre boyunca bir konumda tutulduğu zaman boyunca, hem de, motorun (100) iki konumu arasındaki bir geçiş zamanı sırasında izlemek üzere düzenlenmiştir. Dolayısıyla, çalıştırma düzeneğinin (200) söz konusu anahtarının (SW_{1-6}), motora (100) güç ikmalini kesebilen açılma komutu söz konusu münferit iki anda verilebilmektedir.

15 Bu doğrultuda, mevcut buluşun sistemi, motora (100) yönelik dahili geçici akımların oluşmasını önlemek üzere, motorun hem başlatma prosedürü süresi boyunca, hem de, çalışma rejimi süresi boyunca uygulanabilmektedir. Daha spesifik olarak, motor (100), örneğin, bir gaz kompresöründe kullanıldığında, aşağıdakiler hesaba katılmaktadır:

20 A) Başlatma: gaz kompresörü çalıştırıldığında, motorun (100) dönüşü, motor bir çalışma dönüşüne ulaşana kadar kademeli olarak artmaktadır.

B) Çalışma rejimi: gaz kompresörü büyük ölçüde istikrarlı bir durumda çalışırken (sabit rejim).

C) Durma: elektrikli gaz kompresörü kapatıldığında, motorun (100) dönüşü, sifira varana dek kademeli olarak azalmaktadır.

25 Kumanda birimi (400), motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA), gerilim izleme ögesi (300) tarafından ölçülen, indüklenen gerilime dayanarak, motorda (100) başlatma prosedürünün başladığı anın ve motorun (100) çalışma rejimine ulaştığı anın tespit edilmesine olanak tanımaktadır.

Çalıştırma düzeneğinin (200), motora (100) güç ikmalini kesebilen anahtarının (SW_{1-6}) açılmasıyla eşzamanlı olarak, kumanda birimi (400), çalıştırma düzeneğinin (200) ikinci bir anahtarının (SW_{1-6}) açılma ve kapanma tutumuna, PWM türünde bir modülasyon uygulamak suretiyle kumanda etmekte olup, ikinci anahtar (SW_{1-6}) olarak nitelenecek anahtar (SW_{1-6}),
5 kumanda birimi (400) tarafından motorun (100) konumuna dayanarak saptanmaktadır.

Aşağıda yer alan Tablo 1, motorun (100) çalışma prosedürü sırasında, çalıştırma düzeneğinin (200) anahtarlarının (SW_{1-6}) çalıştırılmasına yönelik olası tüm kombinasyonları kapsamaktadır. Söz konusu tablo, kumanda biriminin (400) dahili bir belleğine veya harici bir belleğe kaydedilebilmekte olup, tabloya, motorun (100) konum algılamasının sonucuna bağlı olarak erişilmektedir. Tabloda görülebildiği gibi, PWM modülasyonunun uygulandığı anahtar $SW_{(1-6)}$, motorun (100) konumunda her ne zaman bir değişiklik olsa değiştirilmektedir.

Tablo 1:

Anahtarların (SW_{1-6}) motorun çalışması sırasındaki olası konumları

| | BLDC Motorun Anahtarlar Konumları | | | | | |
|------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
| Anahtarlar | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SW1 | AÇIK | PWM | | | | |
| SW2 | | | | AÇIK | PWM | |
| SW3 | | | AÇIK | PWM | | |
| SW4 | PWM | | | | | AÇIK |
| SW5 | | | | | AÇIK | PWM |
| SW6 | | AÇIK | PWM | | | |

15 Yine Şekil 1'e atfen, mevcut buluşun sistemi aynı zamanda, kumanda birimine (400) çalışır şekilde bağlanan, motorun (100) bir toplam akımının kumanda birimi (400) tarafından, örneğin, şönt türünde bir direnç vasıtasıyla izlenebilmesine olanak tanıyan en az bir akım izleme ögesini (500) içermektedir.

Akım izleme ögesinin (500) yaptığı ölçümler, gerilim izleme ögesi (300) tarafından okunan

değerlerle birlikte, kumanda birimi (400) tarafından, motora (100) uygulanan gerilimi düzenlemek ve motorun (100) maksimum akımına kumanda etmek üzere kullanılabilir.

5 Yukarıda tarif edilen mevcut buluşun sisteminin çalışmasının daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla, aşağıda bazı pratik işletim örnekleri verilmektedir.

Örnekler

Şekil 4'teki grafikler, mevcut buluşun, bir BLDC motorda, motorun başlatma prosedürü sırasında uygulanmasını göstermektedir. Detay (D00), "3" numaralı konumda motorun (100) fazının (FC) bobininde dolaşan bir akım eğrisini (Ic) vurgulamaktadır. Söz konusu akım (Ic),
 10 motorun (100) fazının (FC) bobininin içerisinden, motorun (100) konumunda bir değişiklik olana dek dolaşacaktır. Detayda (D01) gösterildiği gibi konumda değişiklik olduğu anda, motorun (100) bu konumunda, fazın (FC) bir bobini artık güç verilmiş halde olmadığından, akım (Ic) bir manyetizma yitimi aşamasına başlamaktadır. Motorun (100) "4" numaralı konumunda, fazın (FC) bobininin içerisinden dolaşan akımın, manyetizma yitimi aşamasından
 15 sonra sıfırda kalması gerekmektedir de, detayda (D02) görülebileceği gibi, belli durumlarda, bu bobinde, istenmeyen bir işletim koşulunun göstergesi olan geçici bir akım ortaya çıkabilmektedir. Söz konusu akım motorun akımına eklenmekte ve sonuç olarak detayda (D03) gösterildiği gibi, motorda (100) bir tepe akım ortaya çıkmakta olup, burada, akımın, söz konusu tepeyi doğuran bileşeni, yalnızca bir akım sensörü kullanılarak akım algılama usulü
 20 vasıtasıyla algılanamamaktadır. Detay (D04), motorun güç verilmemiş fazının (FC) bobininde ölçülen değerlerden meydana gelmekte olup, koruma diyotunun (DI6) (anahtarlar (SW6) paralel olarak) fazın (FC) bobininde geçici bir akımı iletiyor olması dolayısıyla, değerinin referans gerilime (Vref) sabitlenmiş olduğunu göstermektedir. Detayda (D05), geçici akımın sönümlendiği, bunun sonucunda da, koruma diyotunun (DI6) artık iletmiyor olması
 25 dolayısıyla, detayda (D06) görülebileceği gibi, indüklenen bir gerilimin ölçülebileceği görülmektedir.

Şekil 4'teki detaylar (D07, D08, D09 ve D10), motorun "1" numaralı konumu haricinde, benzer bir durumu göstermektedir. Dolayısıyla, detayda (D07), fazın (FC) bobininde geçici bir akımın ortaya çıktığı görülmekte, söz konusu bobinde ölçülen gerilim, detayda (D08) görülebileceği gibi, denk düşen koruma diyotunun iletimi dolayısıyla, bara gerilimine (Vbar), sabitlenmektedir. Detayda (D09), hiç geçici akımın olmadığı, dolayısıyla da, detayda (D10)

gösterildiği gibi, güç verilmemiş fazın (FC) bobininde indüklenen gerilimin ölçülebileceği görülebilmektedir.

Yukarıda bahsedilen analiz, motorun (100) diğer fazları (FA ve FB) için de aynı şekilde geçerlidir.

- 5 Şekil 5'te, Şekil 4'teki detaydaki (D00) akımın (I_c), motor "3" numaralı konumdayken, motordaki (100) ve çalıştırma düzeneğindeki (200), dolaşım güzergahı gösterilmektedir. Akımın (I_c), güç kaynağının bir kısmını oluşturduğu ve motorun (100) fazlarının (FB ve FC) bobinlerinde, motoru hareket ettirmek için gereken torku üretecek şekilde uygulandığı görülebilmektedir.
- 10 Şekil 6 ve 7'nin her ikisinde de, Şekil 4'teki detaydaki (D01) akımın (I_c), motorun (100) "3" numaralı konumundan "4" numaralı konumuna bir değişiklik olduğu andaki dolaşım güzergahı gösterilmektedir. Söz konusu akım, bobinin, indükleme karakteristiği temelinde üretilen manyetizma yitim akımından oluşmaktadır. Şekil 6'da, PWM'nin aktif olmayan döngüsü (anahtar (SW3) açık) dikkate alınmaktadır. Bunun aksine, Şekil 7'de, PWM'nin aktif döngüsü
- 15 (anahtar (SW3) kapalı) dikkate alınmaktadır.

- Şekil 8'de, Şekil 4'teki detaydaki (D02) akımın (I_c) (geçici akım) güzergahı, motorun (100) "4" numaralı konumu sırasında gösterilmektedir. Koruma diyotundaki DI6 (anahtara (SW6) paralel olarak) gerilim düşüşü, normal çalışma koşullarında motorda (100) dolaşmaması gereken söz konusu geçici akımın varlığını tespit etmek üzere kullanılmaktadır. Söz konusu
- 20 akımın yol açtığı esas sorun, motorun (100) fazının (FA) bobinine uygulanan akıma eklenerek, Şekil 4'teki detayda (D03) görülebileceği gibi, bir aşır akımın oluşmasını sağlamasıdır.

- Özetle, Şekil 5, 6, 7 ve 8'de, motorun (100) konumundaki bir değişikliğin öncesindeki bir anda, konum değişikliği sırasında ve son olarak, motorun (100) konumundaki bir değişikliğin
- 25 akabindeki bir anda, çalıştırma düzeneğinde (200) ve motorun (100) bir fazında dolaşan akımın tutumu gösterilmektedir. Akımın motorun (100) tüm diğer konumlarına ve fazlarına yönelik tutumu, benzer şekilde çıkarım yoluyla belirlenebilmektedir.

- Şekil 9'da, motorun (100) konumuna bağlı olarak, motorda koruma diyotunun içerisinden dolaşan geçici akımın, güç verilmemiş bobinin gerilimini, bara gerilimine (V_{bar}) veya
- 30 referans gerilime (V_{ref}) sabitlediği gösterilmektedir. Böylesi geçici akımların mevcut

olmaması halinde, ölçülen gerilim, motordaki (100) indüklenen gerilimden ibaret olup, söz konusu gerilimin, motorun (100) konumuna bağlı olarak yükselen veya düşen bir trendi olabilmektedir. Daha önce açıklanmış olduğu gibi, söz konusu akımları tespit etmek üzere, kumanda birimi (400), bir karşılaştırma penceresinden yararlanmakta olup, burada, güç verilmemiş bobinin gerilimi, sınırlandırılmış "dV" gerilim penceresinin (önceden belirlenmiş gerilim aralığı) dışında olmalıdır. Önceden belirlenmiş gerilim aralığı (dV) değerinin, koruma diyotundaki gerilim düşüşü değerine ek olarak, algoritmanın güvenilir bir biçimde çalışmasına yönelik bir emniyet payını temin eden bir telafi değerinin hesaba katılmasıyla ayarlandığının hatırd tutulması önem taşımaktadır. Şekil 9'daki "indüklenen V", hiç geçici akım olmadığına, indüklenen gerilimlerin sınırlandırılmış "dV" gerilim penceresinin dışında kaldığını göstermektedir.

Aşağıda yer alan Tablo 2'de, motorda (100) geçici akımların algılanmasına yönelik koşulların tüm kombinasyonları gösterilmekte olup, güç verilmemiş fazda (FC; FB; FA) ölçülen gerilim motorun (100) konumuyla birlikte sıralanmaktadır. Ek olarak, Tablo 2, motorun (100) her bir konumuna denk düşen, geçici akımın sönümlenmesini sağlamak üzere açılması gereken anahtarları da (SW_{1-6}) göstermektedir. Tabloda, "Va", "Vb" ve "Vc" göstergeleri güç verilmemiş fazların bobinlerinde ölçülen gerilimlere ilişkindir; "Vbar" bara geriliminden oluşmaktadır, "dV" ise, geçici akımların varlığını saptamada kullanılan gerilim penceresinden (önceden belirlenmiş gerilim aralığı (dV)) oluşmaktadır.

20 Tablo 2:

Dahili geçici akımlar tespitiyle motorun güç verilmemiş fazının bobinindeki gerilimlerin ölçümleri ve sönümlenme algoritması vasıtasıyla açılması gereken denk düşen anahtar

| Koruma Durumu | BLDC Motorun Konumları | | | | | |
|------------------------|------------------------|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| $V_a > (V_{bar} - dV)$ | | | | | | |
| $V_b > (V_{bar} - dV)$ | | | | | | |
| $V_c > (V_{bar} - dV)$ | | | | | | |
| $V_a < dV$ | | | | | | |

(devamı)

| | | BLDC Motorun Konumları | | | | |
|---|-----|------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Koruma Durumu | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| $V_b < dV$ | | | | | | |
| $V_c < dV$ | | | | | | |
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Tekniğin eylemi ve geçici akımın sönümlenmesi | SW1 | SW6 | SW3 | SW2 | SW5 | SW4 |

Dolayısıyla, geçici akımların tespiti temelinde, söz konusu akımların sönümlenmesine yönelik bir teknik, nispeten yüksek değerlere çıkmasını önleyecek şekilde etkiyen kumanda birimi

5 (400) tarafından yürütülmektedir.

Şekil 10'da, aşağıda tarif edildiği gibi, motorun (100) "4" numaralı konumuna yönelik olarak, söz konusu tekniğe ilişkin eylem aşamaları gösterilmektedir: motorun (100) konumunda ne zaman bir değişiklik olsa, yeni bir konum tespit edilmekte ve geçici akımın varlığının tespit edilmesine yönelik deney koşulu kumanda birimine (400), yukarıdaki Tablo 2'ye uygun

10 olarak yüklenmektedir.

Sırasıyla, kumanda birimi (400), bobinin, Şekil 10'da "Ic" ile belirtilen manyetizma yitim akımının sönümlenmesi için gereken zamanın (T3) sonunu beklemektedir. Söz konusu zaman deneylerle tanımlanabilmekte, motorun (100) güç verilmemiş fazının bobinindeki gerilimin izlenmesiyle tanımlanabilmekte veya manyetizma yitim akımı koşulunun güç verilmemiş bobindeki gerilimi karşıt referansta sabitliyor olması, bunun da algoritmayı yanlış bir işleme yönlendirmiyor olması dolayısıyla, devre dışı bile bırakılabilmektedir.

Zamanın (T3) bitmesinin ardından, kumanda birimi (400) güç verilmemiş bobindeki indüklenen gerilimi (V_c) izlemeye başlamaktadır. Gerilim (V_c) penceresinin (dV) içerisinde olduğunda, istenmeyen bir miktar geçici akımın motorda (100) dolaştığı addedilmektedir. Aksine, gerilim (V_c) penceresinin (dV) dışındaysa, istenmeyen geçici akım olmadığı addedilmektedir. Bu durumda, gerilim (V_c) penceresinin (dV) içerisindeyse, bir zaman sayımı

başlatılmakta, gerilim (V_c) pencereyi (dV) her terk ettiğinde ise, bir zaman sayımı sıfırlanmaktadır.

Bobinde ölçülen gerilimin, bir zamana (T_2) eşit veya daha uzun bir süre boyunca pencerenin (dV) içinde kalması halinde, kumanda birimi (400), motora (100) güç ikmalini anlık olarak kesmek üzere, motorun (100) konumuna bağlı olarak, anahtarlardan (SW_{1-6}) birini devre dışı bırakmaktadır. Anahtar (SW_{1-6}), Şekil 11'de "T1" ile gösterilen bir zaman boyunca devre dışı kalmakta, söz konusu zamanın ardından, anahtar (SW_{1-6}) yeniden devreye girmekte ve indüklenen gerilime (V_c) yönelik izleme tekrar başlamaktadır.

Ancak, söz konusu izleme ve kumanda işlemi, motor (100) belli bir konumda kaldığında, aynı zamanda da, motorun (100) tüm konumlarına yönelik olarak gereken sıklıkta gerçekleşmektedir.

Özellikle, Şekil 10'da, detayda (E01), bobinde (I_c), koruma diyotunun içerisinden dolaşıyor olması dolayısıyla gerilimi (V_c) güç kaynağının referans geriliminde (V_{ref}) sabitleyen küçük bir geçici akım oluşmaktadır. Söz konusu olgunun algılanmasının ardından, 'T2' değerinde bir zaman sayımı başlamaktadır. 'Ic'deki geçici akımda bir artışın önlenmesi amacıyla, kumanda birimi (400), anahtarı (SW_2) bir zaman (T_1) süresince açmaktadır. Bu eylemin akabinde, geçici akımların (I_c) artık ortaya çıkmadığı, dolayısıyla da, motorun (100) bu konumunda kumanda biriminin (400) herhangi bir eylemine gerekli olmadığı görülebilmektedir.

Söz konusu tekniğin motorun (100) diğer konumlarına yönelik işleyişi yukarıda tarif edilene benzemekte olup, tarif edilen prosedüre dayanarak çıkarım yoluyla belirlenebilmektedir.

Şekil 11'de, mevcut buluşun tekniğinin, motorun "1" numaralı konumu haricinde, uygulanmasının sonucunu gösteren bir eğri gösterilmektedir. Görülebildiği gibi, pencerenin (dV) referansı bara gerilimine (V_{bar}) yönelik olarak değiştirilmiş olup, anahtar usulün söz konusu eylemi için kullanılan anahtar "SW1" olmakla beraber, çalışması motorun (100) tüm konumlarına benzemektedir.

Şekil 12'de, motorun (100) "4" numaralı konumunda, Şekil 4'teki detayda (D02) gösterilen geçici akımın, mevcut buluşun tekniğinin uygulanmasının ve geçici akımın sönmülmesinin akabindeki güzergahı gösterilmektedir. Noktalı çizgi (Trip), usulün, geçici akımın

sönümlenmesine yönelik eyleminin bir sonucu olarak anahtarın açılmasını belirtmektedir. Şekil 12’de, akımın, kapalı PWM döngüsündeki güzergahı gösterilmektedir.

Öte yandan, Şekil 13’te, akımın aktif PWM döngüsündeki güzergahı gösterilmektedir.

5 Teknik, motorun (100) bir konumuna ilişkin iki anahtarın, zaman (T1) boyunca açılmasına olanak tanıyacak şekilde ayarlanabilmekte veya uyarlanabilmekte olup, bu suretle, akımın tutumunun, Şekil 12’de gösterilen tutumla hep aynı olmasına olanak tanınmış olmaktadır.

Şekil 14, mevcut buluşun tekniğinin ve geçici akım sönümleme işleminin gösterildiği bir grafik olup, teknik, denkleştirilmemiş basınçlara haiz bir sistemdeki bir gaz kompresörünün başlatma prosedürüne uygulanmaktadır. Bir detayda (F03), geçici akımların ortaya çıkmasına ilişkin bir grup küçük eğilim görülebilmekte olup, söz konusu geçici akımlar, sönümleme/koruma tekniği vasıtasıyla derhal algılanmaktadır. Söz konusu geçici akımlara karşılık, bir detayda (F01), tekniğin, söz konusu akımların, gelişmelerinin engelleneceği şekilde sönümlenmesine yönelik kumanda eylemi görülebilmektedir. Aynı şekilde, bir detayda (F02), teknik, motorun (100) bir sonraki konumunda geçici akımların gelişmesini engelleyecek şekilde etkilmektedir. Dolayısıyla, tekniğin eylemi, motorun (100) akımının, detayda (F04) görülebileceği gibi, daima maksimum bir sınır dahilinde kalmasını temin etmektedir.

Fırçasız Bir Motorun (Fırçasız DC – BLDC) İzlenmesine ve Kumandasına Yönelik Usul

20 Sistemin tarifi ve yukarıda gösterilen örnekler temelinde, fırçasız bir motorun (100) izlenmesine ve kumandasına yönelik, kendisi de mevcut buluşun konusu olan usulün aşamaları tanımlanabilmektedir:

- i) Motorun (100) iki fazına (FA, FB; FA, FC; FB, FC) eşzamanlı olarak elektrik enerjisi ikmal edilmesi
- 25 ii) Motorun (100) konumunda bir değişikliğin olduğu bir anın algılanması. Söz konusu aşama, motorun (100) konumunun tespit edilmesine yönelik bir alt aşamayı içermektedir;
- iii) motorun (100) güç verilmemiş bir fazında (FC; FB; FA) indüklenen bir gerilimin ölçülmesi;
- iv) motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA), bir aşamada (iii) ölçülen indüklenen gerilimin, önceden belirlenmiş bir gerilim aralığıyla (dV) karşılaştırılması;
- 30 v) bir aşamada (iv) yapılan karşılaştırmanın, motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB;

FA) indüklenen gerilimin önceden belirlenmiş ikinci bir zaman aralığı (T2) boyunca önceden belirlenmiş gerilim aralığında (dV) kalan bir değeri gösterdiğini belirtmesi halinde, motora (100) güç ikmalinin önceden belirlenmiş bir ilk zaman aralığı (T1) boyunca kesilmesi. Söz konusu aşama, motora (100) çalışır şekilde bağlanan çalıştırma düzeneğinin (200) bir anahtarının (SW₁₋₆) açılması aşamasından ibarettir. Söz konusu aşama, çalıştırma düzeneğinin (200) içerdiği, bir anahtarla (SW₁₋₆) paralel elektrik bağlantısı bulunan bir koruma diyotundaki (DI₁₋₆) elektrik akımının iletilmesine yönelik bir alt aşamayı içermektedir.

Doğal olarak, aşamalar (i ila v), usulün tekrar döngüleri boyunca, motorun (100) başlatma anına dek tekrarlanmaktadır.

10 Tercihen, mevcut buluşun usulü, motorun (100) daha önce enerji verilmiş fazının (FC; FB; FA), bobindeki değerin, bara gerilimi (Vbar) değeriyle veya referans gerilim (Vref) değeriyle sınırlandırıldığı bir manyetizma giderme aşamasını içermekte olup, burada söz konusu sınırlama aşaması, bir yürütme aşamasının (iii) öncesinde ve bir yürütme aşamasının (ii) sonrasında yürütülmektedir.

15 Bir aşama (iv), önceden belirlenmiş gerilim aralığının (dV) bir üst gerilim sınırının ve bir alt gerilim sınırının tanımlanmasına yönelik bir alt aşamayı içermektedir. Söz konusu üst ve alt gerilim sınırları, motorun (100) tespit edilen konumuna dayanarak (motorun (100), önceden belirlenmiş gerilim aralığının (dV) üst gerilim sınırıyla alt gerilim sınırının arasındaki farkın, bir koruma diyotundaki (DI₁₋₆) bir gerilim düşüşüne denk düşen bir değer aralığından
20 oluştuğu, belli bir enerji ikmal düzeni hesaba katılarak) tanımlanmaktadır.

Tercihen, bara gerilimi (Vbar) veya referans gerilim (Vref), önceden belirlenmiş gerilim aralığının (dV) üst gerilim sınırıyla alt gerilim sınırının arasındadır. Bu durumda, mevcut buluşun usulü aynı zamanda, motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimin, bara gerilimini (Vbar) içeren önceden belirlenmiş gerilim aralığıyla mı (dV), yoksa referans gerilimi (Vref) içeren önceden belirlenmiş gerilim aralığıyla mı (dV) karşılaştırılması gerektiğine karar verilmesi aşamasını içermekte olup, burada söz konusu karar, daha önce tarif edildiği gibi, motorun (100) belli bir güç ikmal düzeninin hesaba katılması suretiyle, motorun (100) konumuna dayanmaktadır. Söz konusu karar aşaması, bir yürütme aşamasının (iv) öncesinde ve bir yürütme aşamasının (iii) sonrasında yürütülmektedir.

Önceden belirlenmiş gerilim aralığının (dV) üst gerilim sınırının ve alt gerilim sınırının tanımlanması aşamasında, önceden belirlenmiş bir telafi değerinden oluşan bir emniyet payı hesaba katılmaktadır.

5 Ayrıca, mevcut buluşun usulü, önceden belirlenmiş üçüncü bir zaman aralığına (T3) yönelik, bir yürütme aşamasının (iii) öncesinde yürütülen bir bekleme aşamasını içermektedir. Üçüncü zaman aralığı (T3), deneylerle saptanabilmekte veya motorun (100) güç verilmemiş bir fazında indüklenen gerilimin, usulün daha sonraki bir tekrar döngüsündeki bir aşamada (iii) ölçülmesiyle tanımlanabilmektedir.

10 Ek olarak, mevcut buluşun usulü aynı zamanda, bir aşamada (iv) yapılan karşılaştırma, motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimin, önceden belirlenmiş gerilim aralığında (dV) yer alan bir değeri gösterdiğini belirttiğinde, zaman sayımı aşamasını içermektedir. Zaman sayımı önceden belirlenmiş ikinci zaman aralığına (T2) eşdeğer bir zamana ulaştığında, zaman sayımının sonlandırma aşaması gerçekleşmektedir.

15 Ayrıca, mevcut buluşun usulü, bir aşamada (iv) yapılan karşılaştırma, motorun (100) güç verilmemiş fazında (FC; FB; FA) indüklenen gerilimin, önceden belirlenmiş gerilim aralığında (dV) yer almayan bir değeri gösterdiğini belirttiğinde, bir zaman (sayım) sıfırlama aşamasını içermektedir.

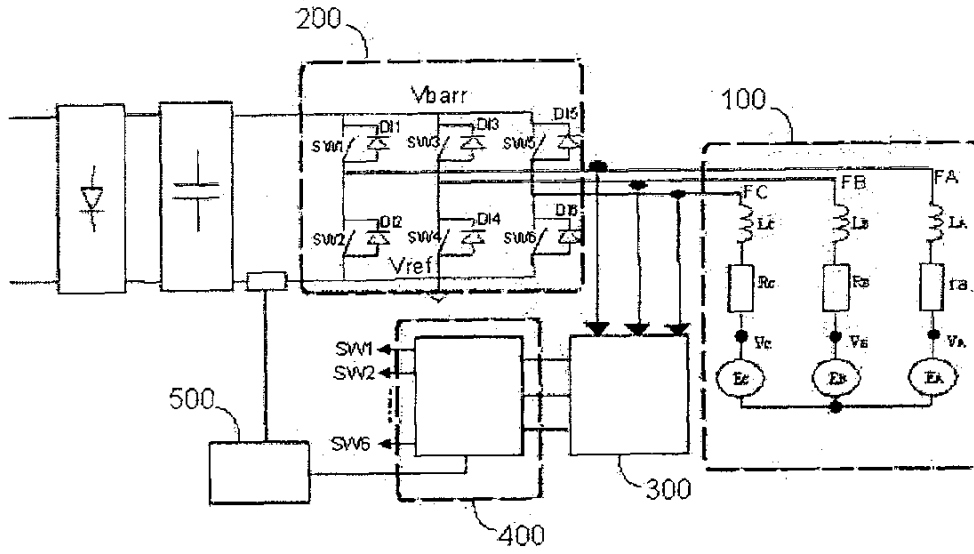
Mevcut buluşun usulünün yukarıda tarif edilen tüm aşamaları, motorun (100) başlatma prosedürü sırasında veya çalışma rejimi sırasında gerçekleşmektedir.

20 Dolayısıyla, mevcut buluş, motorda, motor mıknatıslarında manyetizma yitimine yol açabilecek, hatta, BLDC motoru çalıştıran güç yarıiletkenlerine hasar bile verebilecek dahili geçici akımların ortaya çıkmasını, oluşmasını ve gelişmesini engelleyebilmekte olup, motorun, kompresörlerin, örneğin, blok değerlerin veya genişleme valflerinin kullanıldığı uygulamalar gibi, denkleştirilmemiş emiş ve tahliye koşullarında başlatılmasının gerektiği
25 durumlarda kullanılabilmesine olanak tanımaktadır.

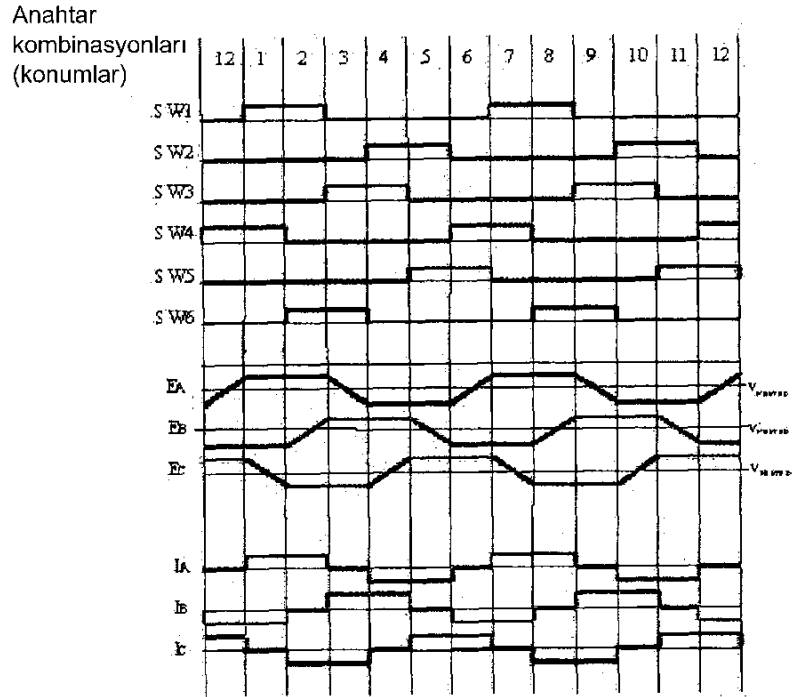
Ek olarak, mevcut buluş, elektronik çalıştırma aygıtında alçak akım kapasiteli güç yarıiletkenlerinin kullanılabilmesine de olanak tanıyarak, maliyetleri düşürmektedir.

Tercih edilen bir düzenlemenin bir örneği tarif edilmiş olup, mevcut buluşun olası başka

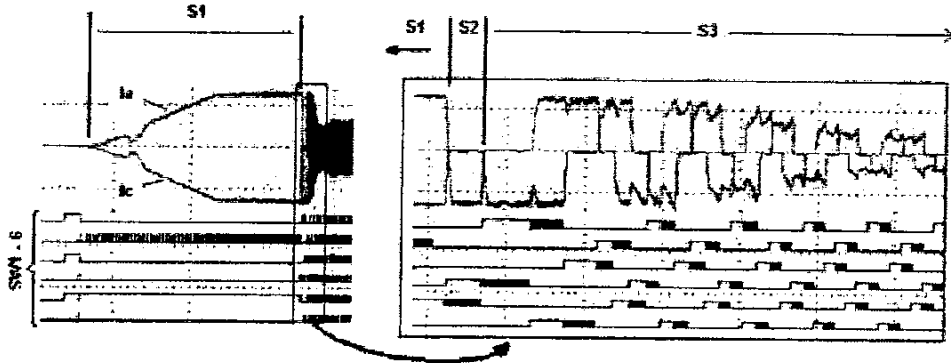
çeşitlemeleri de kapsadığı, buluşun yalnızca ekteki istemlerin içeriğiyle sınırlandığı, olası eşdeğer düzenlemelerin dahil addedildiği anlaşılmalıdır.



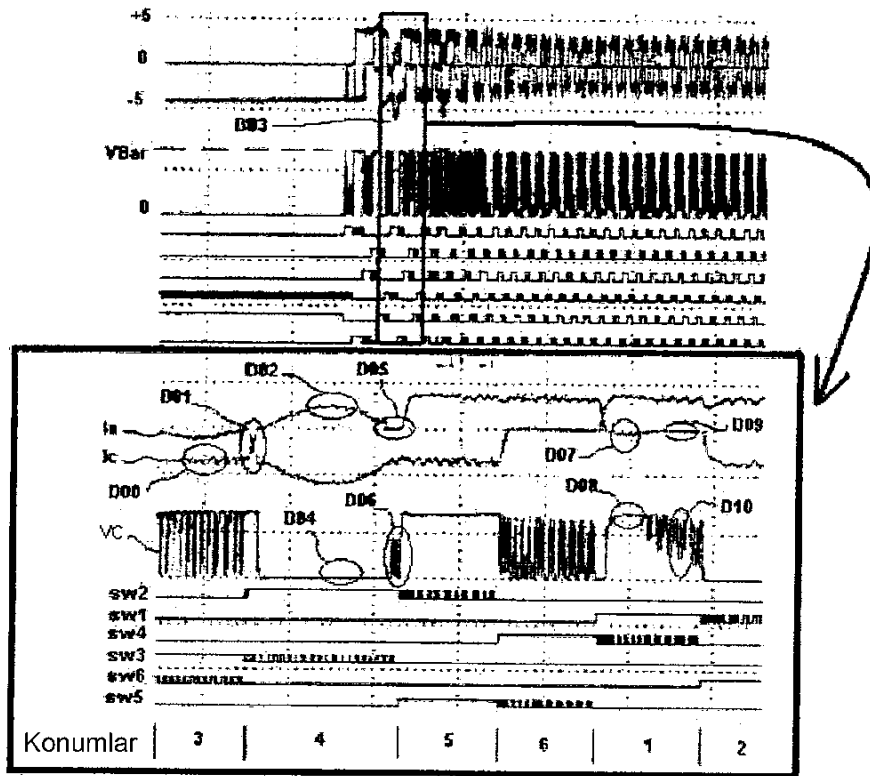
ŞEKİL 1



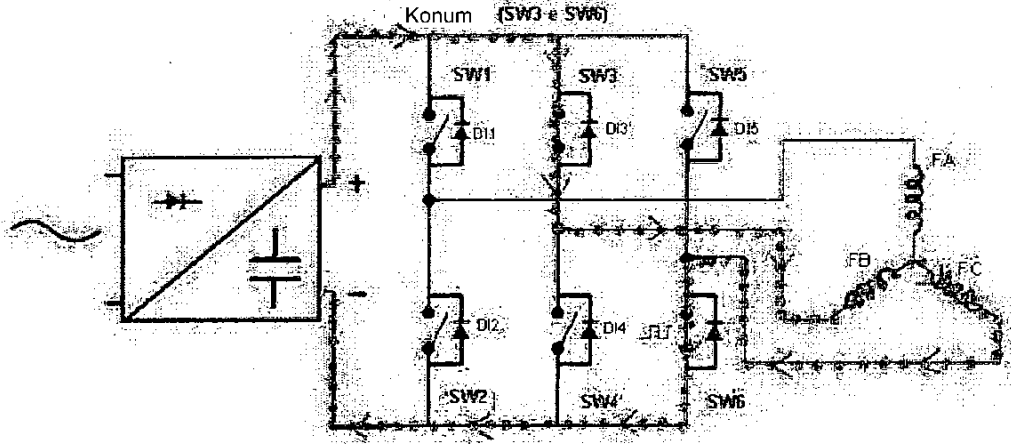
ŞEKİL 2



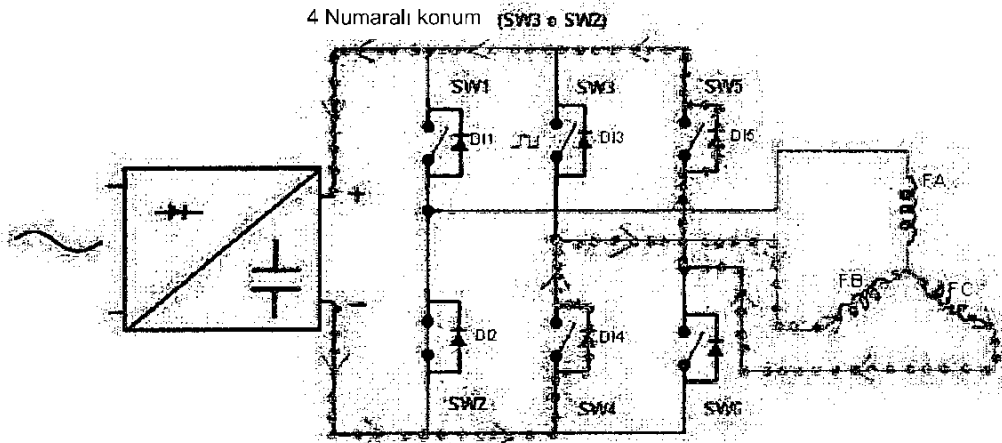
ŞEKİL 3



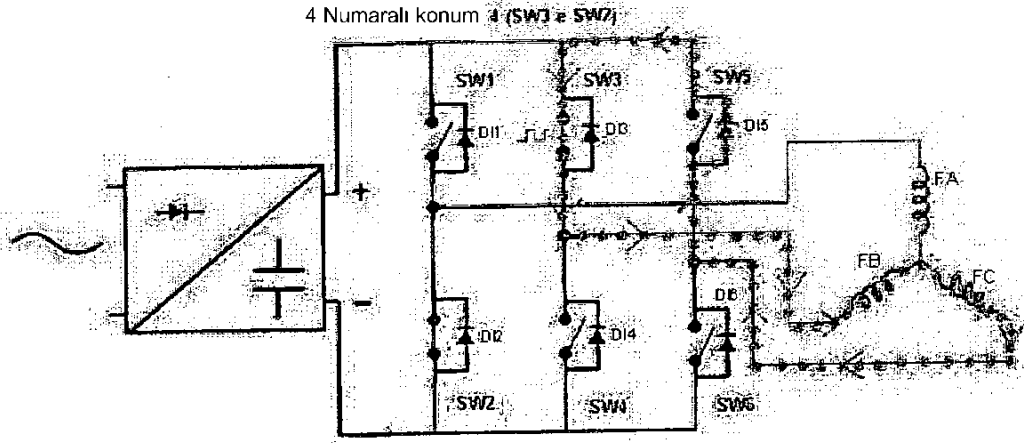
ŞEKİL 4



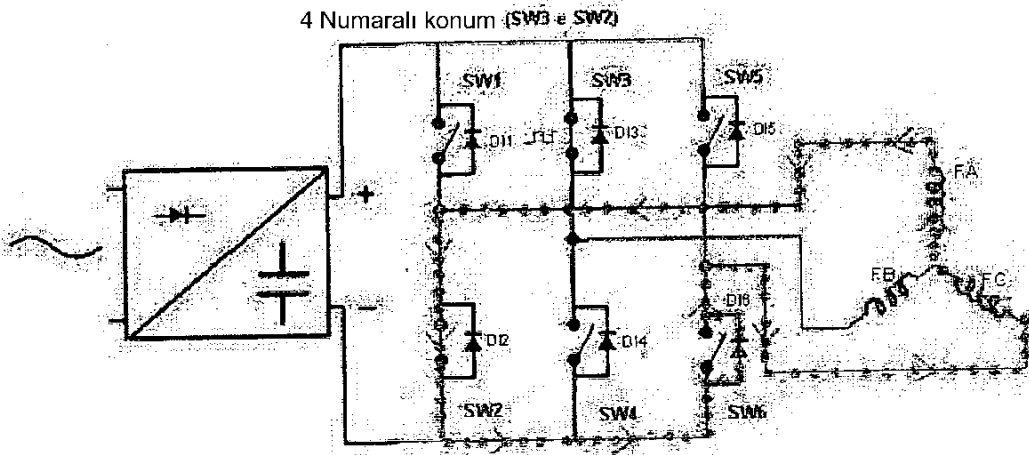
ŞEKİL 5



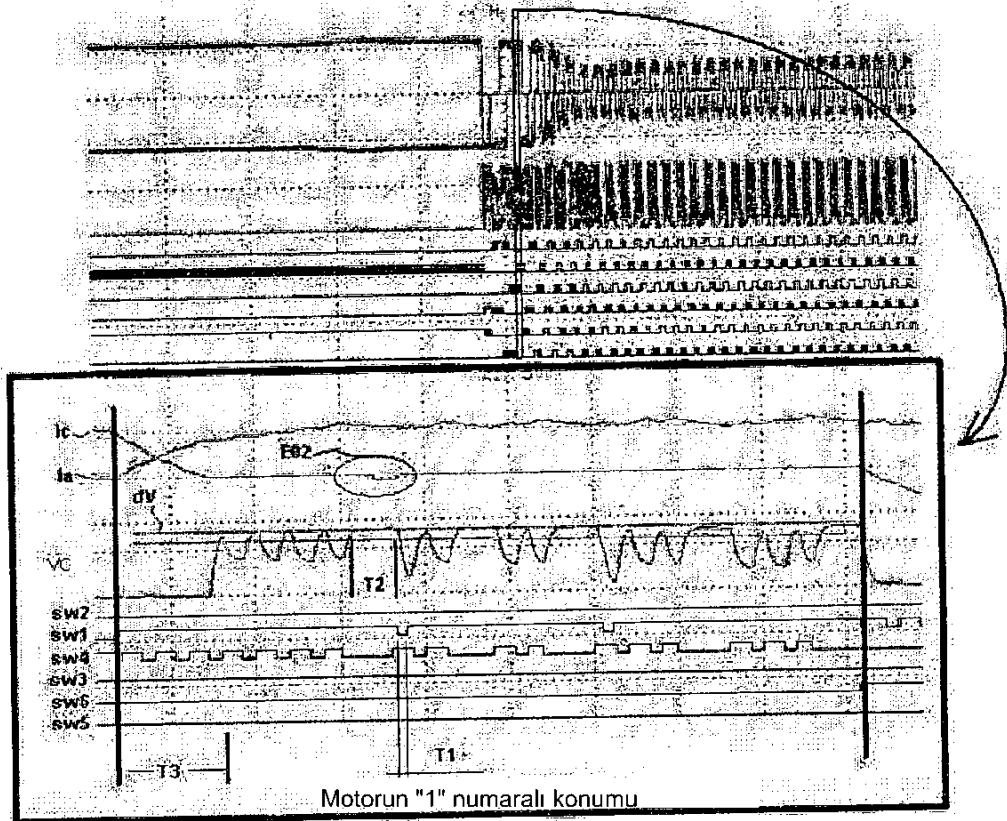
ŞEKİL 6



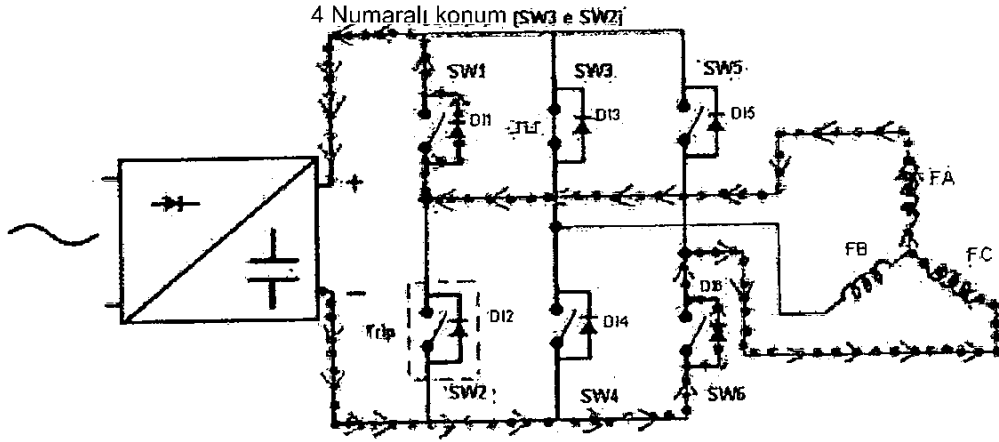
ŞEKİL 7



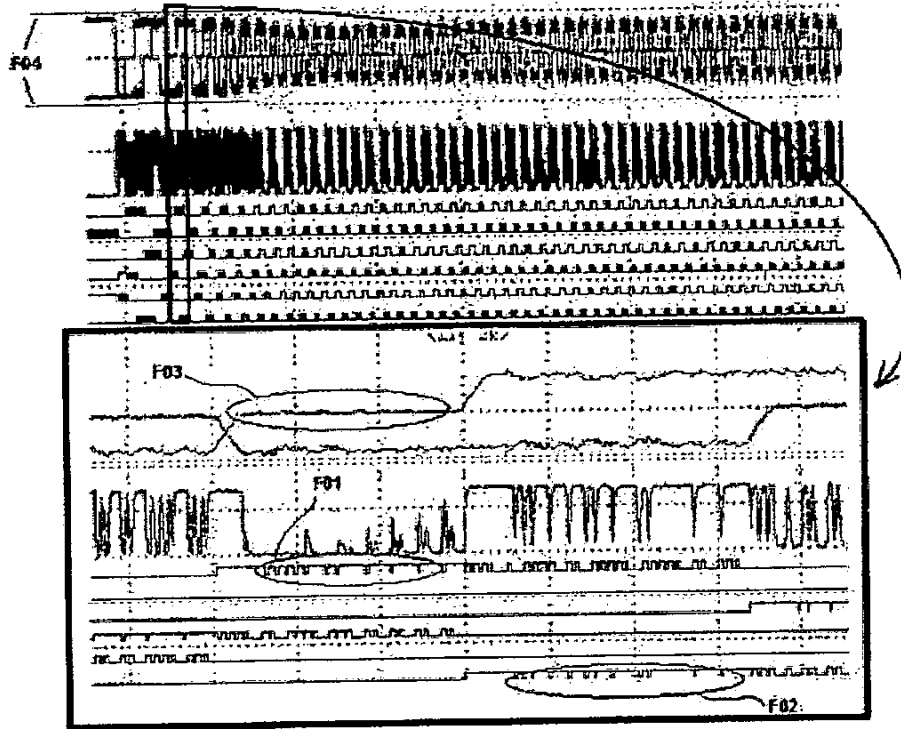
ŞEKİL 8



ŞEKİL 11



ŞEKİL 12



ŞEKİL 13