

UÇAKLARDA KULLANILAN KRİTİK ÜNİTELERİN PERFORMANS KARAKTERİSTİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN DENEYSEL TASARIM YÖNTEMİ İLE OPTİMİZASYONU

Funda Kahraman, Seyhani Koç

Çukurova Üniversitesi, Endüstri Mühendisliđi Bölümü, 01330, Adana

Özet: İstenmeyen durumlara karşı prosesin/ürünün duyarsız olması çevrim dışı (off-line) kalite kontrol olarak tanımlanan ve üretim öncesi ürün kalitesinin iyileştirilmesi kapsamında alınması gereken önlemlerin gerçekleştirilmesini olanaklı kılan tekniklerin uygulanması ile sağlanabilir. Bu teknikler arasında en yaygın olarak kullanılanı istatistiksel deneysel tasarım metodolojisidir. Bu teknik kullanılarak ilgilenilen prosesin/ürünün parametreleri üretim öncesi incelenerek prosesin robust olması sağlanmaktadır. Çalışmada, Constant Speed Drive (CSD) ünitesinin proses karakteristiği olarak saptanan çıktı devrini etkileyen faktörlerinin en uygun değerlerinin saptanışı ile ilgili dört faktörlü ve iki seviyeli bir prosesin maksimum proses üretkenliğini sağlayacak faktör-seviye kombinasyonunun belirlenmesine yönelik Deneysel Tasarım uygulaması gösterilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Deneysel Tasarım, Çevrim Dışı Kalite Kontrol, Kalite Geliştirme, Tasarım Optimizasyonu*

OPTIMIZATION BY EXPERIMENTAL DESIGN OF THE FACTORS EFFECTING PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF CRITICAL UNITS USED IN AIRPLANES

Abstract: Making the process/product insensitive to unfavourable situations off-line quality control operations are carried out. Among off-line quality control methods, the most widely used one is Statistical Design Of Experiments methodology. By using this technique the process/product parameters of interest can be investigated before production in order to achieve a robust process. This study shows the Design of Experiment method which is used to identify a four factor–two level process factor-level combination trials by maximizing productivity of process in order to find optimal settings for the factors that effect the Constant Speed Drive units process characteristic which has been identified as output cycling time.

Keywords: *Design of Experiment, Off-Line Quality Control, Quality Improvement, Design Optimisation*

1. Problemin Tanımı

CSD ünitesinin revizyonu sırasında kendisinde ve alt asamblelerinde iki özelliğin olması beklenir; ana ünitenin ve alt asamblelerin spesifik kalite değerlerini sağlaması ve üst asamble ile uyumlu olması. Mevcut uygulamada CSD ünitesi revizyon prosesine etki eden faktörlerin değerleri deneyimli tezgah operatörlerince verilmektedir. Ünitenin faaliyeti mevcut kalite değer limitleri dahilinde olmasına rağmen üst asamble ile arasında uyumsuzluk var ise gerçekleştirilen kaliteli üretim ihtiyaca yanıt vermemiş olacaktır, bu da; zaman, maliyet, işgücü gibi kaynaklarının fazladan kullanımına sebep olacak ve ilgili birimin ihtiyaçlarının karşılanmaması daha üst seviyedeki parçaların üretiminde aksaklıklara yol açacaktır.

CSD ünitesinin kalitesinde belirleyici olan faktörler; üretim süreci, malzeme, bilgi, personel vb. kaynaklardır. CSD ünitesinin performansı ile kalitesi birbiriyle yakından ilişkili olup kalite değerinin CSD ünitesinin performans değerine göre belirlenmesi uygun olmaktadır. AVTRON S410 test tezgahında revizyonu gerçekleştirilen CSD ünitesine uygulanan performans başarı testi sonucunda ürün özellikleri daha önceden saptanmış standart limitleri sağlamıyorsa fiziksel olarak ne kadar kusursuz yada faktör değerleri bakımından ne kadar başarılı olursa olsun istenilen kalite elde edilmemiş olmaktadır.

2. Çalışmanın Amacı

Gerçekleştirilen çalışmadaki amaç CSD ünitelerinin kalite karakteristiği olarak saptanan çıktı devrinin 8000 rpm (recycle per minute) nominal değerine odaklanması için kontrol edilebilir ve kritik süreç değişkenleri dikkate alarak gereken kaliteyi sağlamak için CSD ünitesinin son testteki performans parametresini etkileyen proses faktörlerinin en uygun değerlerini/düzeylerini saptamaktır. CSD ünitesinin performans karakteristiğinin gerçekleştirilen beyin fırtınası sonrası çıktı devri değerinin olması gerektiğine karar verilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Hem her bir faktörün hem de faktörlerin iki ve daha yüksek mertebedeki etkileşimlerinin CSD ünitesinin performansı üzerindeki etkilerini araştırabilmek ve en uygun faktör düzeylerini belirleyebilmek amacıyla Tam Faktöriyel Deneysel (Full Factorial Experiment) tasarım yaklaşımı kullanılarak Tam Faktöriyel Deneysel Tasarım Matrisi oluşturulmuştur.

Hem her bir faktörün hem de faktörlerin iki ve daha yüksek mertebedeki etkileşimlerinin CSD ünitesinin performansı üzerindeki etkilerini araştırabilmek ve en uygun faktör düzeylerini belirleyebilmek amacıyla Tam Faktöriyel Deneysel (Full Factorial Experiment) tasarım yaklaşımı kullanılmıştır.

Çalışmada sebep-sonuç diyagramı ve pareto diyagramı kullanılarak saptanan iki-düzeyleli dört temel faktör için tam eşlendirme durumunda tüm kombinasyonların sayısı 16 olarak belirlenmiştir. İlgilenilen performans karakteristiği için daha önce verilen dört temel faktöre ek olarak bazı faktörler arasındaki etkileşimler de bu 16 kombinasyonu içeren L_{16} tasarım matrisi aracılığıyla belirlenebilmektedir. L_{16} tasarım matrisinin 15 kolonunun ilk dördü faktörlerin ana etkilerini gösterirken geri kalanlar faktörler arası etkileşimleri temsil etmektedir.

4. Deneyin Yapılması

Gerçekleştirilen 32 deney sonucunda A, B, C ve D temel faktörlerinden B, C ve D faktörlerinin CSD ünitesi çıktı devri üzerinde etkin, A faktörünün ise etkin olmadığı görülmektedir. Bu tablodan anlaşılabileneceği gibi Sıcaklığın CSD ünitesi çıktı devri üzerinde anlamlı bir etkisi olmamakta. B, C ve D faktörlerini ise önem derecesine göre sıralarsak B en etkin, C ikinci derecede etkin, D ise bu iki faktöre oranla pek etkin değildir. B ve D faktörlerinin ikinci dereceden etkileşimleri ile B, C ve D faktörlerinin üçüncü dereceden iç etkileşimlerde etkin durumdadır.

Taguchi'nin L_{16} Hesap Tablosunun hazırlanması ise aşağıdaki adımlarda gerçekleştirilmiştir;

1. Deney sonrası elde edilen veriler L_{16} Hesap Tablosunun gözlem değeri kolonuna girilir.
2. Gözlem değeri kolonundaki her veri, aynı satırdaki boş hanelere işlenir.
3. Her kolonun toplamı alınarak "Toplam" satırına işlenir.
4. Toplam değerleri kendi kolonlarındaki "Sayı miktarına" bölünerek ortalama değerler elde edilip "Ortalama" satırına işlenir.
5. Her etki kolonundaki düzey 2 ortalamasından düzey 1 ortalamasını çıkartarak eksi değerleri bulunup "Etki" satırına işlenir.
6. Etki değerlerini cebirsel sıraya konarak (en eksi değere "1", en pozitif değere "15" sıra numarası vererek) bir sıralama gerçekleştirilir.
7. Sıra Numaraları dikey eksen, etki değerleri yatay eksen oluşturacak şekilde Normal olasılık grafiği çizilerek önemli etkileşimler saptanır.

Bu analizler sonucunda elde edilen tablonun "Etki" satırındaki etkilerden hangilerinin istatistiksel açıdan önemli olduğuna karar vermek amacıyla faktörlerin normal olasılık grafikleri oluşturularak etkilerin önemliliği çizilen doğruya göre belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda istatistiksel olarak önemli faktör ve etkileşimler B, C, BD ve BCD olarak saptanmıştır.

Sıcaklık ile çıktı devri arasındaki etkileşim incelendiğinde sıcaklığın düşük (A_1) ve yüksek (A_2) değerlerinde önemli bir değişim izlenememiştir. Bundan dolayı sıcaklığın çıktı devri üzerindeki etkisinin ihmal edilebileceği kararına varılmıştır.

Girdi devri ile çıktı devri arasındaki etkileşim incelendiğinde girdi devrinin düşük olması durumunda çıktı devrinin düşük olduğu, girdi devrinin yüksek olması durumunda çıktı devrinin yüksek olduğu ve girdi devrinin çıktı devrine başlangıç hızı vererek ünitenin etkin çalışmasını sağlaması nedeniyle aralarında yüksek derecede pozitif bir ilişki bulunmaktadır.

Frekansın çıktı devrine etkisi incelendiğinde ise ikisi arasında negatif yönde bir etkileşim olduğu ve jeneratör frekansının girdi devrinin yarattığı başlangıç hızını artırması ve şekillendirmesi sebebiyle çıktı devrini en çok etkileyen faktör olduğu gerçekleştirilen analizlerde açıkça belirlenmiştir.

Girdi gücü ile çıktı devri arasındaki ilişki incelendiğinde girdi devri aracılığıyla CSD ünitesinde yer alan milin oluşturduğu tork aracılığıyla sağlanan güç, çıktı devrinin değerini yükseltmesi nedeniyle girdi gücü ile çıktı devri arasında pozitif bir etkileşim olduğu belirlenmiştir.

Kritik olan faktör ve etkileşimlerin belirlenmesi amacıyla Yates Tekniği ve Taguchi L_{16} Ortogonal Dizin analizi yaklaşımları kullanılabileneceği gibi diğer bir yaklaşım olan varyans analizi de kullanılabilir. Minitab 13 İstatistiksel Paket programı kullanılarak gözlenen deney verilerinin varyans analizi yapılmıştır.

Varyans analizinde incelenen faktörlerin etkili olup olmadığına ilişkin hipotez test edilmesi nedeniyle faktörlerin etkilerinin olmadığı şeklinde kurulan hipotezin testi için, faktörlerin herbiri ve hata terimi dikkate alınarak belirlenen serbestlik dereceleri ve I. tip hata, α , değeri temelinde varyans analizi tablosundan her bir faktör veya etkileşim için hesaplanan F değeri, F tablosundaki değer ile karşılaştırılarak, ilgili faktör veya etkileşimin proses karakteristiği üzerinde etkili olup olmadığına karar verilmektedir. Ayrıca, varyans analizi tablosunda yer alan p değerleri de proses karakteristiği üzerinde etkili olan faktör veya etkileşimlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Özellikle varyans analizi tablosunda % 10 dan küçük p değerlerine sahip faktör veya etkileşimler kritik olarak kabul edilmektedir. Normal olasılık grafiğinde olduğu gibi, varyans analizinde de proses karakteristiğine etkisi olan faktörlere ilişkin uygun düzeyler belirlenmemektedir. Faktörlerin uygun düzeylerinin belirlenmesi için hem faktör hemde faktör etkileşimlerine dayalı grafikler; her bir faktörün yüksek düzeyindeki gözlem değerleri ortalaması ile düşük düzeydeki gözlem değerleri ortalaması dikkate alınarak saptanmaktadır.

Faktörlerin her biri ve hata terimi dikkate alınarak belirlenen serbestlik dereceleri ve 1 nci tip hata temelinde F tablosunda saptanan F değeri ile varyans analizi tablosunda her bir faktör için hesaplanan F değeri karşılaştırılmakta, serbestlik derecelerinin $v_1=1$, $v_2=27$ ve 1 nci hata değerinin $\alpha =0.05$ olması nedeniyle F-Tablosundan belirlenen $F_{0,05,1,27} = 4.21$ değeri hesaplanan F değerleri ile karşılaştırıldığına;

$$F_B=5.96 \geq 4.21$$

$F_C=6.06 \geq 4.21$ olduğundan B ve C faktörlerinin CSD ünitesi üzerinde etkili oldukları sonucuna varılmıştır. Şekil 6'da gösterilen Normal olasılık grafiği ürün performansı üzerinde etkili olan faktör ve etkileşimleri göstermekle birlikte hangi faktörün hangi düzeyde tutulması gerektiğini belirtmez. Çıktı devrine etki eden ana faktörlerin hangi düzeyde tutulması gerektiği, kritik olan faktör ve etkileşimleri düzeyler itibarıyla gösteren etkileşim grafikleri ile belirlenebilmektedir. B, C ve D ana etkilerinin yanı sıra BC, BD ve BCD etkileşimleri de önemli çıktığından faktörlerin optimum düzeylerinin seçilmesi için, BC ve BD etkileşimlerinin yorumlanması gerekmektedir.

Yates Tekniği, L_{16} Taguchi Ortogonal Dizini, Varyans Analizi ve normal olasılık grafiği yaklaşımları dikkate alınarak A, B, C, D ana faktör ve etkileşimleri CSD ünitesinin Çıktı Devrinin 8000 rpm olması için incelenmiş; bunlardan B, C, BC, D, BD ve BCD faktör ve etkileşimlerinin çıktı devri üzerinde etkin olduğu saptanmıştır. Hedef değer en iyi olarak belirlenen amaç fonksiyonunu en iyilemek için kritik olan her bir faktörün uygun düzey değerleri, faktör etkileşimlerinin etki düzeyleri dikkate alınarak $B_{Düşük}$, $C_{Yüksek}$, $D_{Düşük}$ şeklinde belirlenmiş ve Yates Tekniği, Varyans Analizi ile Taguchi L_{16} Ortogonal Dizin yaklaşımlarının sonuçları arasında paralellik olduğu ortaya konmuştur.

5.Sonuç

Gerçekleştirilen uygulama ile çevrim dışı kalite kontrolün bir bakım tesisinde de uygulanabileceği gösterilerek kontrol edilemeyen faktörlere karşı prosesin bakım prosesinin geliştirilmesi amacıyla, temel faktörlerden etkin olanların en uygun düzey ve değerleri saptanarak bakım prosesinin işlen süresi azaltılmıştır.

Bakım prosesinin iyileştirilmesinde nominal en iyi yaklaşımı söz konusu olduğu bu problemde L_{16} Ortogonal Dizin analizi ve Varyans analizinde olduğu gibi Yates Tekniği kullanılarak CSD ünitesinin çıktı devrine etkisi olan faktörlere ilişkin uygun düzeyler belirlenmiştir. Gerçekleştirilen tam faktöriyel deneysel tasarım yöntemi aracılığıyla CSD revizyon sürecinin final test aşamasının proses karakteristiğinde sebep oldukları değişimler azaltılmış ve üretim spesifikasyonlarına uygun kombinasyonlar oluşturulmuştur. Bu şekilde çevrim süresi azaltılırken dolaylı olarak diğer üretim proses etkenlerinin de (işgücü, kaynak kullanımı vb.) en iyilenmesine olanak tanınmıştır.

Deneysel tasarım yöntemi kalitenin tasarım aşamasında gerçekleştirilmesine olanak veren etkili bir yöntemdir, yapılan çalışmada mevcut bir bakım prosesinde kullanılarak üretim/hizmet sistemlerinin değişkenlik miktarlarında azalma, hedeflenen karakteristiklere uygunluğun artması, üretim/hizmet maliyetlerinin azalması ve kaynak sarfiyatının azalması gibi bir çok faydayı sağlamıştır. Bu yaklaşımın tüm işletme fonksiyonlarında kullanılmasıyla dinamik değişimlere işletmelerin daha çabuk uyumu sağlanmış olur.

Kaynaklar

Barker, T. B., “*Quality Engineering By Design: Taguchi's Philosophy*” *Quality Progress*, December, pp. 32-42., 1986.