



Projeto Robusto

Descrição geral

O método Taguchi/Projeto Robusto pode ser entendido como uma nova abordagem da qualidade voltada para o projeto do produto e do processo. Esta abordagem foi desenvolvida pelo Prof. Taguchi e por ele denominada de controle de qualidade *off-line*.

Segundo Taguchi, a qualidade é medida pelo desvio que uma característica funcional apresenta em relação ao valor esperado da mesma. Os fatores chamados "Ruído" (temperatura, umidade, poeira, deterioração, etc.) causam tais desvios e resultam em perda de qualidade do produto. Este "prejuízo" pode ser avaliado através de uma "função perda" que foi inicialmente proposta pelo professor Taguchi.

A proposta do método Taguchi é a de determinar a função perda do produto e otimizá-la empregando técnicas estatísticas. Estas análises permitem identificar os parâmetros ótimos de projeto que minimizam ou mesmo eliminam as influências dos fatores ruído no desempenho do produto.

Assim, em lugar da tendência tradicional de isolar o produto dos fatores ruído, o que pode ser de difícil execução e/ou encarecer o processo produtivo, o método de Taguchi ambiciona realizar projetos que eliminem os efeitos dos fatores ruído no produto. Por exemplo, CLAUSING (1994) apresenta um exemplo de projeto de um sistema de alimentação de copiadoras onde, num enfoque tradicional, uma equipe se concentrava em desenvolver complexos mecanismos para orientar a página antes da alimentação. Outra equipe, aplicando o método Taguchi, direcionou estes esforços no sentido de desenvolver um mecanismo de alimentação com uma pequena influência da orientação inicial da página. Utilizando-se o método Taguchi pretende-se obter produtos robustos o suficiente para assegurar alta qualidade a despeito de flutuações que venham ocorrer no processo produtivo e no ambiente de uso do produto.

O trabalho do Dr. Taguchi, além de uma nova abordagem para a área de qualidade, serviu também para consolidar o conceito de Projeto Robusto, ou seja, o de projetar produtos que minimizem os fatores ambientais. Assim, Projeto Robusto consolidou-se como o conceito/filosofia de projetar produtos minimizando a influência dos fatores ruído, o que pode ser alcançado com diversas outras técnicas ou mesmo a partir da experiência e bom senso dos projetistas.

Já o "método Taguchi" engloba o conjunto de técnicas propostas para atingir este objetivo de um Projeto Robusto, as quais incluem a otimização pela função perda e projetos de experimentos fatoriais com matrizes ortogonais. É preciso frisar também que o método Taguchi foi desenvolvido

com uma grande preocupação de facilitar sua aplicação prática, o que lhe rendeu grande fama entre as empresas e profissionais, principalmente japoneses, e, por outro lado muitas críticas de especialistas em estatística.

Há um conjunto grande de obras que apresentam as limitações dos procedimentos adotados por Taguchi, visando a diminuição da complexidade do método principalmente quanto à otimização. E, somado a estes problemas de ordem técnica, existe também outra barreira para sua adoção que é a necessidade de quantidade de testes que, para produtos complexos ou mais caros, pode tornar-se inviável.

Definição

Método Taguchi é uma abordagem da engenharia de qualidade "off line" que busca aumentar a robustez dos projetos/produtos por meio da diminuição dos efeitos dos parâmetros "ruído" no seu desempenho.

Conceitos Teóricos:

- Fontes de ruído
- Qualidade Robusta
- Controle da Qualidade "off line"
- Controle da Qualidade "on line"
- Função Perda
- Relação Sinal/Ruído
- Etapas Básicas

Fontes de Ruído

Ruídos ou fatores de perturbação são os fatores que causam a variabilidade da função do produto. Tais ruídos podem ser enquadrados em três tipos:

1. Ruídos Externos: decorrem tanto das condições de utilização do produto quanto do ambiente em que o produto é utilizado, como, por exemplo, falha na operação do produto, umidade do ar, tensão da rede de energia, poeira, temperatura ambiente, etc.;

2. Ruídos Internos ou Ruídos Degenerativos: estão ligados às características próprias do produto, do processo ou serviço que o produto sofre antes de chegar ao mercado, e procuram estabelecer valores (ou níveis) dos fatores (ou parâmetros) que têm influência no valor estabelecido para a saída (ou resposta) do sistema, com baixa variação em torno desse valor.

3. Variações na Produção: corresponde à variabilidade entre unidades do produto manufaturados sob as mesmas especificações.

Qualidade Robusta:

É uma abordagem para a garantia da qualidade, também chamada de método Taguchi em referência ao seu criador, com enfoque no projeto do produto e do processo. Seu princípio fundamental é o de

que, para assegurar uma qualidade consistente, deve-se procurar projetar produtos que sejam insensíveis a despeito de flutuações que venham ocorrer no processo de produção e no ambiente de uso do produto, ou seja, o produto e o processo de produção, devem ser projetados de modo que o seu desempenho seja o menos sensível a todos os tipos de ruídos.

Controle de Qualidade “off line” (ou fora de linha)

São os esforços aplicados à qualidade do projeto, o que inclui qualquer atividade de projeto e desenvolvimento que ocorre antes da fabricação do produto. É o controle da qualidade aplicado durante o projeto do produto e durante o projeto do processo.

Controle de Qualidade “on line” (ou na linha)

É o controle de qualidade exercido durante a produção ou manufatura do produto

Etapas básicas para Aplicação da Metodologia Taguchi

- Identificação dos fatores.
- Planejamento e Condução dos experimentos.
- Predição dos novos níveis ótimos de parâmetros.
- Validação dos Resultados.

Etapa 1: Identificação dos Fatores

Nesta etapa realiza-se a identificação dos fatores (ruído e fatores principais do ambiente e processo de fabricação) e os parâmetros de produto (processo) relevantes. Para cada um deles são previstas as possíveis influências e interações com os demais. Esta é uma etapa importante pois a não consideração de um determinado fator ou parâmetro pode distorcer ou impedir a obtenção da função perda, a qual irá guiar os projetistas em direção ao projeto mais robusto.

Etapa 2: Planejamento e Condução dos Experimentos

Depois de finalizar o projeto e protótipos do produto realiza-se a etapa de planejamento da coleta de dados experimentais. Estes dados irão permitir a construção da função perda e da relação sinal /ruído. Isto é feito utilizando-se conceitos de planejamento de experimentos, em especial os planejamentos fatoriais. Aliás, o emprego destes planejamentos é uma das características fundamentais do método Taguchi.

Para realizar o planejamento deve-se iniciar pela escolha do tipo de planejamento, ou seja, pela escolha da matriz ortogonal que melhor se aplica ao problema. A escolha das matrizes dependem principalmente do número de fatores e da quantidade de corridas (ou seja, de casos de experimentos) que poderiam ser realizados conforme a disponibilidade de tempo e custo. Em seguida são especificados valores para os diferentes níveis dos parâmetros. Com estes dados basta aleatorizar as corridas e programar a realização dos ensaios. Ao final deste trabalho, com o plano de testes em mãos, são realizados os ensaios e as coletas de dados respeitando os cuidados exigidos pelo tipo de teste específico.

Etapa 3: Predição dos Níveis Ótimos dos Parâmetros

É realizada uma otimização dos parâmetros do produto levando-se em consideração a relação sinal/ruído. Isto significa obter um modelo estatístico desta relação com os dados coletados no experimento e aplicar, neste modelo, técnicas de otimização para encontrar os valores dos parâmetros ótimos dos produtos. Ao final desta etapa tem-se um conjunto de valores de parâmetros (ou características) do produto que tornam seu desempenho robusto e estável em relação às características ambientais e às variações do processo.

Etapa 4: Validação dos Resultados

Como os níveis ótimos dos parâmetros obtidos anteriormente são fruto de um modelo estatístico, e, portanto, uma aproximação da realidade, deve-se realizar uma etapa de validação dos resultados encontrados, ou seja, verificação dos níveis ótimos especificados para os parâmetros. Isto é feito conduzindo um experimento com um protótipo cujos parâmetros são ajustados conforme os valores ótimos obtidos na fase anterior.

Os resultados deste experimento devem coincidir com àqueles encontrados por meio do modelo, dentro, é claro, da devida margem de segurança. Caso isto ocorra significa que o modelo obtido é confiável e, portanto, pode-se aprovar estes parâmetros como especificações para o projeto. Ao contrário, ocorrendo uma significativa diferença entre os modelos, deve-se reavaliar os resultados dos experimentos e seu planejamento. Provavelmente algum parâmetro do produto ou fator ruído não tenha sido considerado ou algum problema tenha ocorrido durante a condução dos experimentos, entre outras possíveis distorções.

Conceitos:

- **Característica funcional:** é uma característica bem definida de um produto, relacionada à sua funcionalidade;
- **Fatores controláveis:** são fatores cujos ajustes nominais podem ser controlados pelo projetista ou engenheiro de processo.
- **Ruídos :** são fatores ligados ao ambiente ou ao processo de fabricação que causam variações no desempenho do produto.
- **Parâmetros de ruído:** são os fatores que causam os ruídos e que podem ser sistematicamente variados num experimento de projeto de parâmetros.
- **Método de controle de qualidade “off line” (ou fora de linha):** é o método de qualidade usado durante o projeto do produto e do processo para garantir a melhoria da qualidade de um produto.
- **Método de controle de qualidade “on line” (ou na linha):** é o método usado durante a produção do produto para melhorar e manter a qualidade de um produto.
- **Perda de desempenho:** é a perda causada pelo afastamento de uma característica funcional em relação valor desejado.
- **Fator de Sinal:** é uma variável empregada para alterar o valor de uma característica funcional em direção a um valor desejado. O projetista não determina os ajustes desse fator, entretanto, ele pode querer projetar o produto ou processo para ser muito sensível à mudanças no fator de sinal.
- **Relação Sinal/Ruído (no projeto de parâmetros):** é uma medida da variabilidade do desempenho do produto.

Bibliografía

PHADKE, M. S.; (1989). **Quality engineering using robust design**. Englewood: Prentice Hall.

ROSS, P.; (1995). **Taguchi technique for quality engineering: loss function, orthogonal experiments, parameters and tolerance design**. 2ed. New York: McGraw-Hill.

TAGUCHI, G.; (1986). **Introduction to quality engineering : designing quality into products and processes**. Trad. por Sekkeisha. 6. ed. Tokyo: The Organization.

Periódicos Importantes

Technometrics -Periodicidade Quadrimestral: Aborda métodos estatísticos para as áreas de química, física e engenharia. Grande parte dos artigos aborda o planejamento de experimentos <http://www.asq.org/products/journals/techmet.html>

Quality Progress, Periodicidade Mensal - Aborda assuntos gerais ligados a área de qualidade. É voltada para profissionais que atuam em empresas. <http://qualityprogress.asq.org/>

Journal of Quality Technology, Periodicidade Quadrimestral: Métodos, aplicações e tópicos relacionados com a tecnologia da qualidade. Foca principalmente em técnicas estatísticas e aborda com frequência artigos sobre Planejamento de Experimentos. <http://www.asq.org/products/journals/jqt.html>

Ramón S. Cortés Paredes, Dr. Engº.

Coordenador do Laboratório de Aspersão Térmica e Soldagem Especiais - LABATS

Departamento de Engenharia Mecânica - DEMEC

Universidade Federal do Paraná - UFPR

E-mail: ramon@ufpr.br