

EPLAN

engenharia eficiente.



Fabricação de Painéis de Controle 4.0

Um estudo sobre o potencial da automação e digitalização na fabricação de painéis de controle e distribuição na engenharia de máquinas e sistemas



CONSULTORIA DE PROCESSOS

SOFTWARE DE ENGENHARIA

IMPLEMENTAÇÃO

SUPORTE GLOBAL

Fabricação de Painéis de Controle 4.0

Um estudo sobre o potencial da automação e digitalização na fabricação de painéis de controle e distribuição na engenharia de máquinas e sistemas

Philipp Tempel, Florian Eger, Armin Lechler, Alexander Verl

Instituto de Engenharia de Controle de Máquinas-Ferramenta
e unidades de fabricação, Universidade de Stuttgart

30. Abril 2017



Universität Stuttgart

Institut für Steuerungstechnik
der Werkzeugmaschinen und
Fertigungseinrichtungen (ISW)

Conteúdo

Índice de figuras	6
Índice de tabelas	7
1 Introdução	8
2 Projeto e engenharia	12
2.1 Uma cadeia / software de engenharia consistente	12
2.2 Menor diversidade, maior foco nas funções	14
2.3 Desenhos de engenharia 3D	17
3 Produção e montagem	19
3.1 Pré-planejamento, separação de componentes e logística	19
3.2 Dispositivos multimídia para representação de informações	20
3.3 Processamento mecânico e montagem	23
3.4 Montagem e fiação elétrica	25
3.5 Testes	29
3.6 Ergonomia e layout do local de trabalho	31
4 Tendências na fabricação de painéis de controle	32
5 Resumo	34

Índice de figuras

1.1	As fases estudadas na fabricação do painel de controle. A criação de pedidos e a inicialização do painel de controle / sistema de máquina não estão inclusas neste estudo.	8
1.2	Tempos de trabalho desde a fabricação clássica, padronizada e automatizada do painel de controle para projeto / engenharia e produção / montagem	10
2.1	Fases no projeto / engenharia de um armário de controle e tempos como proporção do tempo total do projeto	12
3.1	Fases na produção / montagem de um painel de controle e tempos como proporção do tempo total do projeto	19

Índice de tabelas

1.1	Categorias para as empresas pesquisadas em projeto / engenharia e fabricação / montagem	9
1.2	Itens em um painel de controle médio e os tempos médios de trabalho por componente. Isso determina o tempo médio de produção geral para um painel de controle	11



Introdução

A tendência para a Indústria 4.0 não é um tópico novo na engenharia mecânica. Isso é evidente tanto nas atividades que estão ocorrendo atualmente nas empresas de engenharia mecânica, como há anos em pesquisas acadêmicas como a do Instituto de Engenharia de Controle de Máquinas-Ferramentas e Unidades de Fabricação (ISW) da Universidade de Stuttgart. Numerosos projetos de pesquisa estão sendo estudados aqui, incluindo engenharia de controle em nuvem, serviços de valor agregado para engenheiros, usuários mecânicos e uma moderna instalação de produção interconectada, a Arena 2036. Embora a ISW se concentre nas modernas instalações de fabricação de veículos do futuro, o problema é o mesmo para a engenharia mecânica geral: como interconectar a manufatura e aplicar os dados que ela cria a toda a cadeia de valor, em vez de apenas uma fase de manufatura? Projeto e produção são duas áreas principais na cadeia de valor de um produto em que o pessoal passa por treinamentos diferentes e também aplica práticas, métodos e ferramentas de trabalho diferentes. Os engenheiros frequentemente têm expectativas diferentes das práticas de produção que são eventualmente aplicadas. Tanto o projeto quanto a produção aspiram ao mesmo resultado, mas usam vocabulário diferente para expressar isso.

Usando a fabricação de painéis de controle como exemplo, este estudo aplica os conhecimentos adquiridos com a pesquisa e analisa a cadeia de valor de painéis de controle para máquinas e sistemas de ferramentas. Das fases de desenvolvimento de uma máquina ou sistema de ferramentas (consulte a Figura 1.1), os subpassos „Recebimento / criação de pedidos“ e „Inicialização do sistema“ não são examinadas neste estudo. A fabricação de um painel de controle é primariamente manual e enfrenta pressão por prazos de entrega cada vez mais curtos e um alto nível de individualização das máquinas-ferramenta. Os fabricantes de painéis precisam responder de forma rápida e flexível aos requisitos e gerenciar com eficiência os desafios existentes e futuros: a 4ª Revolução Industrial oferece uma infinidade de oportunidades para superar esses desafios. A pedra angular deste estudo é a pergunta „Como os painéis de controle serão fabricados no futuro?“. Empresas de diferentes áreas da engenharia mecânica participaram do estudo, fornecendo uma ampla informação dos negócios de engenharia alemães. Pequenos fabricantes de máquinas e sistemas com uma produção anual de apenas várias dezenas de painéis e sistemas de controle, bem como grandes empresas conhecidas participaram do estudo e nos forneceram informações sobre seus processos de fabricação de painéis de controle. No total, 12 empresas participaram do estudo.



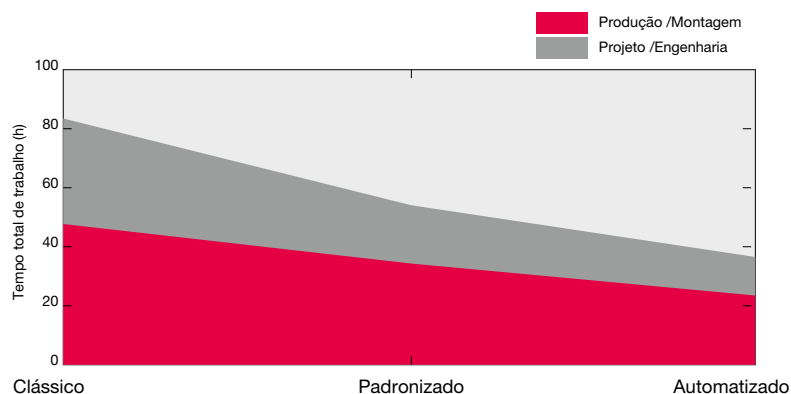
Figure 1.1: As fases estudadas na fabricação do painel de controle. A criação de pedidos e a inicialização do painel de controle / sistema de máquina não estão incluídas neste estudo.

Table 1.1: Categorias para as empresas pesquisadas em projeto / engenharia e fabricação / montagem

Categoria	Projeto/Engenharia	Produção/Montagem
Clássico	Abordagem baseada no projeto/pedido Criação de diagramas de circuitos (DC) Plano esquemático de layout Listas de materiais em Excel (manual)	Baseado em diagramas-Circuitos produção realizada página a página Sem pré-fabricação
Padronizado	Transição passa de baseado em projeto para engenharia baseada em modelos Modelos disponíveis Criação de listas de fiação automatizadas Alto nível de repetição	Fabricação baseada em lista Pré fabricação Máquinas de furação (NC) Chicotes Produção contínua parcial
Automatizado	Techniques of generation, opções e fabricantes de projeto máximos com configuradores	Linha de produção Sistemas de processamento Pré-fabricação de componentes Boa utilização de máquinas

Um questionário foi usado para categorizar as empresas, a fim de obter uma impressão da fabricação dos painéis de controle no ramo. Isso serviu de preparação para as discussões no local, realizadas de acordo com as categorias da Tabela 1.1. As categorias diferenciam entre a fabricação de painéis de controle „Clássicos“, „Padronizados“ e „Automatizados“. Essas classificações foram aplicadas às áreas de projeto / engenharia e produção / montagem. As empresas também foram solicitadas a fornecer estatísticas sobre a fabricação de seus painéis de controle para permitir comparações com base em um painel de controle médio, conforme mostrado na Tabela 1.2. Essa pré-definição permite uma resposta quantitativa e objetiva às perguntas do estudo, em vez de impressões subjetivas. A distribuição dos tempos de trabalho nas duas áreas de fabricação do painel de controle, como pode ser visto nas figuras 2.1 e 3.1.

Figures 1.2: Tempos de trabalho desde a fabricação clássica, padronizada e automatizada do painel de controle para projeto / engenharia e produção / montagem



A partir desses números, é possível determinar a economia de tempo entre as categorias, que pode ser melhorada ainda mais através da exploração de potenciais. Por exemplo, as empresas que ainda trabalham com base em projetos / pedidos podem economizar até 45% em seus processos de engenharia, mudando para diagramas de circuitos modulares baseados em funções. Além de propor várias medidas pragmáticas para obter melhorias, o estudo também se envolve com o uso de dados de produção em 3D. Que potencial e oportunidades são oferecidas pelos desenhos de engenharia 3D e são a chave da fábrica digital? O estudo também analisa as abordagens de trabalho nas instalações de produção e as contrasta com a fabricação de automóveis. Sabe-se que a fabricação de automóveis aplica produção contínua; apesar de uma alta individualização do produto, ainda existe um alto grau de padronização de componentes alcançado. Existe uma abordagem semelhante para a fabricação de painéis de controle e distribuição?

Este estudo está estruturado da seguinte forma: o capítulo 2 aborda os potenciais em projeto e engenharia. O capítulo 3 trata intensamente da área de produção e montagem. Ambas as seções descrevem áreas individuais de atividade, os problemas que elas têm, possíveis soluções e oportunidades. O capítulo 4 relata tendências, na perspectiva das empresas, na fabricação de painéis de controle. O capítulo 5 conclui o estudo com um resumo e as perspectivas da fabricação do painel de controle 4.0 do futuro.

Table 1.2: Itens em um painel de controle médio e os tempos médios de trabalho por componente. Isso determina o tempo médio de produção geral para um painel de controle

Componente (média)	Unidade de trabalho (UT)	Tempo / UT min
Furos (Furação no painel)	10	5
Recortes (painel)	4	10
Canaletas (seções)	20	1.5
Furos / roscas na placa	100	2
Instalação de dispositivos	30	2
Identificação (dispositivos)	200	2
Conexões da fiação	500	4.5
Planos de construção de bornes	130	1
Testes	1	240
Tempo de produção (total em h)		57 h

Projeto e engenharia

Este capítulo analisa as fases no projeto e na engenharia dos painéis de controle. Supõe-se que já são conhecidos os requisitos para a máquina, sistema ou painel de controle que foram usados para criar desenhos de engenharia e diagramas de circuitos (DC) a partir dos quais as listas de materiais podem ser derivadas e a solicitação acionada. As fases que são examinadas, bem como seus tempos principais, são mostradas na Figura 2.1. As fases de planejamento do projeto e criação de diagrama de circuitos requerem mais de 50% do tempo total e são onde existem potenciais significativos de economia. As fases subsequentes da verificação e documentação do DC requerem quase um terço do tempo total de trabalho. Como este capítulo revelará, essas fases contêm potencial de otimização para economia de financeira e de tempo.

2.1 Uma cadeia / software de engenharia consistente

Atualmente, os processos de desenvolvimento de produtos (PDP) são possíveis apenas através da utilização intensiva de sistemas baseados em software para executar tarefas. Esta é a razão pela qual existe uma infinidade de sistemas de software diferentes: um bom software geralmente é restrito a aplicativos específicos e não gerais. Por exemplo, os sistemas CAD estão disponíveis para arquitetos e engenheiros, mas eles não possuem funções de custo ou pedido. Eles são fornecidos por soluções como sistemas Excel ou ERP. Portanto, diferentes sistemas de software precisam ser usados para diferentes fases na fabricação do painel de controle. Um desenho de engenharia criado com o software CAD precisará ser convertido em um formato diferente antes de ser usado em compras ou logística.

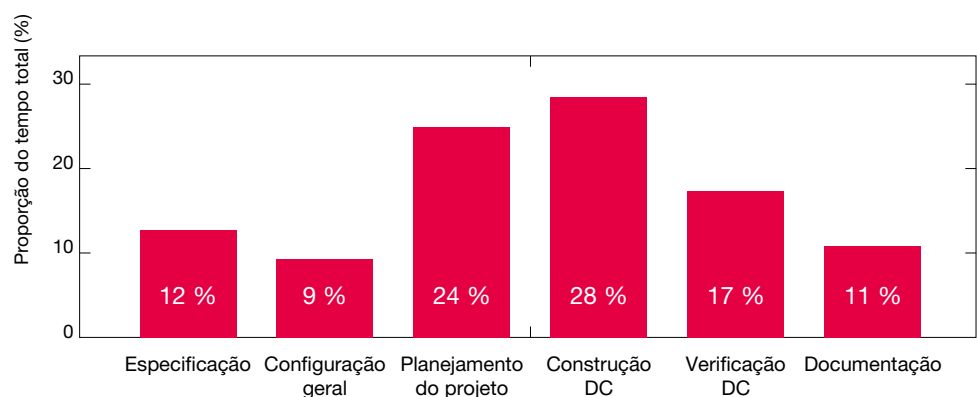


Figure 2.1: Fases no projeto / engenharia de um armário de controle e tempos como proporção do tempo total do projeto

Os ambientes de software do passado levaram à criação de uma infinidade de pequenos sistemas independentes, que fazem uma transferência suave de dados CAD para compras, pré-planejamento, sistemas de logística e controle de qualidade impossíveis sem ações adicionais. Embora agora existam soluções integradas, como a EPLAN Engineering Configuration, que podem processar projetos CAD / CAE, bem como todo o processo de desenvolvimento de produtos, muitas empresas não as utilizam. Apenas 18% das empresas participantes começaram recentemente a usar a ferramenta EPLAN para gerenciar novas séries de máquinas e sistemas mais rapidamente e configurar de forma mais simples, também usando um configurador integrado. Os 82% restantes das empresas usam sistemas de software altamente diversos para suas tarefas de CAD, CAE, ERP etc. Muitos usam o conhecido software CAD SolidWorks, mas em combinação com diferentes sistemas ERP, como o SAP, Infor ou BAAN. Para o projeto CAE, o EPLAN Electric P8 em combinação com o EPLAN Pro Panel é usado com apenas algumas exceções.

O uso de sistemas de software especializados separados cria o problema de isolamento de dados. Formatos de arquivo e arquivos armazenados de, por exemplo, SolidWorks, não pode ser importado diretamente para, por exemplo o SAP e, em seguida, processado sem mais delongas. Portanto, a maioria das empresas criou suas próprias soluções de transferência de dados. Para empresas com baixa produção anual de painéis de controle, documentos e dados são transferidos manualmente para o software relevante para processamento adicional. 90% das empresas criaram suas próprias soluções amplamente automatizadas usando exportações de arquivos XML que podem ser reimportadas semi-automaticamente. O desejo de ter uma cadeia de engenharia contínua (ou pelo menos minimamente fragmentada) significa que os engenheiros de software desenvolveram suas próprias macros ou plug-ins para os sistemas de software relevantes. Manter e adaptar esses plug-ins de software consome muito tempo e dinheiro e, portanto, não está sendo levado a sério pelas empresas. Além disso, as versões mais recentes dos sistemas de software nem sempre estão sendo usadas.

Essa gama altamente diversificada de sistemas de software apresenta muitos clientes com obstáculos não apenas na engenharia, mas também na produção. As empresas classificadas como clássicas realizam diversas fases manuais na transferência de dados (por exemplo, a criação de listas de materiais ou a identificação de bornes). As empresas que padronizaram a fabricação do seu painel de controle já podem gerar automaticamente os documentos necessários a partir de desenhos de engenharia. A manufatura automatizada do painel de controle, por outro lado, fornece acesso a uma solução de software integrada para que os dados não exijam mais a transferência de um sistema de software para outro.

Existem três abordagens viáveis para superar esse problema. O primeiro é usar um único

sistema de software que possa ser aplicado a todas, ou pelo menos as principais, fases da fabricação do painel de controle (essas fases são o projeto CAD / CAE, a emissão de desenhos de produção, a pré-fabricação de fios e bornes). O segundo é usar interfaces abertas dentro da cadeia de software para permitir que as informações necessárias sejam simplesmente extraídas / importadas. É claro que existem limitações porque as informações necessárias nem sempre podem / devem ser registradas em um sistema de software específico, ou seja, os modelos de dados geralmente não são projetados para registrar informações extras. Por exemplo, salvar preços de tabela para um conversor não é importante em um desenho CAD / CAE, enquanto detalhes sobre as dimensões de um dispositivo são em grande parte irrelevantes para listas de materiais. Uma terceira abordagem é a introdução de um formato de arquivo padronizado para registrar o projeto. O CAD / CAE somente lerá e salvará novamente os dados necessários para sua fase. Isso se aplicaria também aos outros sistemas de software que estão sendo usados pelo projeto.

Supondo que realmente exista um sistema de gerenciamento de projetos totalmente integrado para a fabricação do painel de controle, a questão da transferência de dados ainda permanece. Muitas empresas usam os mesmos sistemas de software há anos, adquirindo vasta experiência no uso deles. Esse conhecimento acumulado é uma grande ajuda para induzir novos colegas em suas tarefas. Mas representa um obstáculo a não ser subestimado na implementação de novos softwares em processos de engenharia estabelecidos. A nova implementação de software significa que os engenheiros precisam investir um esforço extra para se familiarizarem com ela e exigem uma transferência compatível com dados de projetos em andamento e concluídos.

Por outro lado, a não implementação de um novo software impede melhorias nos procedimentos de trabalho. Uma solução de software integrada permite a conclusão mais rápida de projetos e resulta em menos erros do que na transferência manual de dados. As empresas pesquisadas estimaram ganhos de eficiência de até 43% em engenharia.

2.2 Menor diversidade, maior foco nas funções

Semelhante à indústria automobilística, na qual não existem dois veículos idênticos acabados, a fabricação do painel de controle apresenta um alto grau de variação funcional. Obviamente, a gama de combinações não é tão extensa quanto nos veículos, mas a diversidade é extensa. 63% das empresas pesquisadas afirmaram que a proporção de peças especiais em seus painéis de controle excede 50%. 27% têm um nível de variação baixo (menor que 20%) e uma proporção de 50% de peças seriais para

peças especiais. Apenas 9% possuem principalmente produtos em série na fabricação de painéis de controle.

A engenharia de painéis de controle ainda ocorre em 27% das empresas em uma base de projeto / pedido (engenharia clássica). Uma lista de dispositivos a serem instalados é derivada dos requisitos de uma máquina (ou de um painel de controle / painel de distribuição na ordem de serviço / produção contratada). Essa lista é então transferida para um sistema CAD / CAE para criar um desenho de engenharia CAD 2D para posicionamento preciso dos componentes e um desenho CAE ou um diagrama de circuitos. Os documentos são então utilizados para obter listas de materiais detalhadas, ou seja, incluindo o número e o tipo de bornes, contadores, etc. A desvantagem óbvia com essa abordagem é que a roda deve literalmente ser reinventada para cada novo painel de controle. Isso consome mais tempo e custa mais do que trabalhar com componentes padronizados. Além disso, erros habituais podem ocorrer com frequência usando esse método, para que a fiação sempre exija verificação manual.

Por outro lado, 72% das empresas pesquisadas já estão utilizando engenharia baseada em modelos. O uso de modelos de projeto baseados em uma série ou em funcionalidades específicas permite uma alta taxa de reutilização. Além disso, na engenharia, apenas os componentes adicionais precisam ser integrados - quando eles já foram criados como unidades funcionais, a fase de integração deve ser curta e sem erros. 23% das empresas que usam engenharia padronizada começaram recentemente a usar um configurador para criar desenhos de engenharia. As unidades funcionais separadas de uma máquina ou sistema são armazenadas em um banco de dados, juntamente com suas interfaces correspondentes e informações adicionais. Isso reduz ao mínimo o esforço de projeto, porque o configurador realiza a maior parte do trabalho. Os engenheiros usam o configurador para selecionar uma máquina básica e, em seguida, as funções que o cliente exige. Após a montagem da máquina, os desenhos CAD e CAE são emitidos automaticamente. O configurador realiza testes no painel de controle, por exemplo componentes ausentes, combinações conflitantes ou alocação incorreta de terminais e contadores.

A abordagem atual para a fabricação de painéis de controle está profundamente enraizada no desenvolvimento de um painel. Atualmente, a maioria dos engenheiros está familiarizada com uma abordagem baseada em tarefas, na qual os requisitos de uma determinada tarefa / projeto devem ser atendidos. Essa abordagem não permite modos de pensamento não convencionais (ou, neste caso, modos funcionais de pensamento). As fases do trabalho podem, no entanto, ser bastante simplificadas e aceleradas pelo uso de unidades funcionais (UF). As unidades funcionais devem ser vistas a partir da base da máquina ou sistema e refletidas em um painel de controle. Um exemplo é um

compressor de porta-ferramentas em um centro de usinagem. Do ponto de vista da engenharia elétrica, requer sensores de pressão, incluindo terminais de E / S, terminais de E / S do compressor e uma fonte de alimentação. Esta unidade funcional (UF) pode ser projetada uma vez, o diagrama do circuito interno criado e testado (isto é, sem ter que se comunicar com a UF), permitindo que a UF seja usada na engenharia. Portanto, o teste desses componentes é desnecessário ou mínimo, ou seja, o teste é necessário apenas no diagrama de circuitos na interface com a FU.

Um fato que precisa ser mencionado que poderia impedir a implementação de engenharia padronizada é que o treinamento em engenharia de projeto deve sofrer mudanças. Requer uma mudança do pensamento baseado em projetos para o pensamento modular e mecatrônico. É necessária uma reestruturação do treinamento, não apenas nas universidades e faculdades profissionais, mas também no treinamento interno e posterior do pessoal.

Para a maioria das empresas pesquisadas (55%), uma abordagem modular para engenharia e produção não é uma opção. O principal argumento contra a implementação do desenvolvimento funcional foi dado como o esforço necessário para a criação da UF, bem como o alto nível de diversidade nos painéis de controle e máquinas / sistemas. Também foi argumentado que há uma falta de conhecimento na criação de UFs devido à falta de clareza sobre como um painel de controle ou máquina / sistema pode ser estruturado de acordo com as unidades funcionais. Esse processo pode, em certas circunstâncias, ser mais uma tarefa para o desenvolvimento de uma nova série de máquinas do que para a produção do painel de controle.

As empresas que já estão trabalhando de acordo com a engenharia funcional, permitindo assim o uso de configuradores (on-line), relatam ganhos substanciais de tempo na fabricação de quadros de controle. Até 44% de economia de tempo e custos são possíveis. O principal trabalho de um projeto diz respeito apenas à disponibilidade dos componentes e a uma rápida inspeção óptica dos desenhos de engenharia (CAD e CAE). No entanto, novas áreas de atividade precisam ser criadas para padronização da máquina e criação e manutenção de UFs. Mas isso pode ser alcançado independentemente de pedidos em andamento e, portanto, pode ser visto como parte de um processo de melhoria contínua.

Os benefícios da engenharia baseada em funções são óbvios. O uso de unidades funcionais minimiza o esforço de verificação e pode ser executado independentemente do trabalho em andamento do projeto. Além disso, os planos de projeto derivados de uma cadeia de engenharia padronizada podem ser considerados basicamente livres de erros. Isso facilita o trabalho dos engenheiros de projeto, e os técnicos mecânicos

e elétricos podem trabalhar com mais eficiência devido aos planos de produção geralmente estarem corretos.

2.3 Desenhos de engenharia 3D

Um desenho de engenharia é tão bom quanto as informações que ele contém e as informações que dele podem ser diretamente derivadas. Um bom desenho de engenharia também permite que as informações sejam lidas e entendidas rapidamente, sem exigir conhecimento detalhado do objeto a ser criado. Um desenho de engenharia é essencial para permitir que os técnicos mecânicos e elétricos executem tarefas de produção sem erros. No entanto, da perspectiva de um projetista / engenheiro, um desenho de engenharia é muito mais do que isso. É um documento evolutivo que passará por adaptações e mudanças além de um período específico do projeto. Pequenos auxílios, como um retrato virtual aprimorado para uma melhor percepção visual, podem gerar benefícios significativos e simplificar a fabricação. Os computadores modernos são capazes de retratar objetos 3D complexos que são reconhecíveis até mesmo por espectadores não treinados. No entanto, 63% das empresas ainda usam apenas desenhos de engenharia 2D na fabricação de painéis de controle. A desvantagem para os engenheiros é que apenas duas das três dimensões estão sendo usadas no layout. Como o espaço é limitado na fabricação do painel de controle, os componentes também precisam ser instalados nos painéis e portas laterais. Sem boas ajudas visuais, é impossível identificar colisões espaciais em desenhos planos. Além disso, uma representação plana de um painel de controle não permite a extração de metainformações, como comprimentos de fio, porque faltam informações sobre a altura do dispositivo para permitir a determinação de comprimentos de fio corretos.

Mas, a maioria das empresas pesquisadas ainda conta com desenhos de engenharia 2D. A razão apresentada é o tempo e os custos envolvidos na conversão. Além dos desenhos em 3D que oferecem representações visuais e visões gerais aprimoradas, informações extras também podem ser salvas para uso em outras fases do processo. Os comprimentos de fios e cabos necessários entre os componentes individuais e canaletas podem ser determinados automaticamente. As dimensões podem ser determinadas corretamente porque o arranjo espacial dos dispositivos pode ser verificado previamente, permitindo assim a automação do processamento mecânico do painel de controle. Um modelo de projeto pode ser virtualmente exibido durante a produção mecânica e elétrica, fornecendo aos técnicos feedback visual instantâneo para verificar a correção de seu trabalho.

Além da verificação direta durante as fases do trabalho, as informações de um painel de controle 3D também podem ser usadas para o „gêmeo digital“, isto é, a representação virtual de um painel de controle que pode ser construído e testado em paralelo à sua fabricação real. Esse gêmeo digital virtual pode ser usado, antes da fabricação real, para executar virtualmente o software de controle, eliminando a necessidade de que essa tarefa seja realizada no final da fabricação.

Este tópico levanta a questão geral de por que os planos de engenharia 2D ainda estão sendo criados na engenharia quando a fabricação de um painel de controle ocorre de qualquer maneira em três dimensões. Trabalhar em 2D é contra-intuitivo e contraproducente, mas está sendo praticado com mais frequência.

Para obter todos os benefícios do layout 3D, é necessário que as empresas explorem o potencial dessa tecnologia em várias fases de fabricação. Os maiores benefícios estão na fase de engenharia em que os dados são criados e modificados. Nas fases subsequentes, os dados geralmente são apenas lidos. Além da implementação de sistemas CAD e CAE com recursos de desenho 3D, os dados existentes também precisam ser estendidos e possivelmente migrados. O esforço necessário para estender os dados (adicionando alturas de componentes, registrando modelos CAD etc.) é geralmente o maior obstáculo dado por muitas empresas para a não migração de dados. O processamento correto de dados CAD pode ser difícil, especialmente no contexto da modularização e da estruturação de um painel de controle em unidades funcionais. Mas os ganhos de tempo não devem ser ignorados - até 35% do tempo de engenharia e até 22% do tempo de produção podem ser salvos, porque os desenhos podem ser totalmente confiáveis.

Os desenhos de engenharia 3D também oferecem benefícios para os técnicos em produção. Estes são fornecidos separadamente nas seções a seguir.

Tendências na fabricação de painéis de controle



Este capítulo examina os procedimentos na produção e montagem de painéis de controle. Ele pressupõe que certos documentos tenham sido disponibilizados pela engenharia que acionaram pedidos de componentes, a maioria dos quais já foram entregues. As fases e seus tempos principais são mostrados na Figura 3.1. Quase 75% do tempo é necessário para as fases de montagem e fiação de componentes mecânicos (incluindo montagem de componentes elétricos), nas quais se pode assumir um potencial significativo de otimização. As fases anteriores e posteriores representam os 25% restantes, onde não podem ser realizadas melhorias significativas. Como esta seção revelará, essas fases contêm potencial de otimização para economia de tempo e financeira.

3.1 Pré-planejamento, separação de componentes e logística

O pré-planejamento é um elemento importante na fabricação do painel de controle. Os painéis de controle geralmente compreendem uma infinidade de bornes e fiação. A produção bem preparada começa com a seleção de componentes, isto é, a montagem dos componentes necessários para um painel de controle específico. Uma técnica desatualizada há muito tempo é realizada pelo técnico, que sozinho organiza os componentes necessários. Isso resulta em procedimentos longos e cruzados. A mudança para a Indústria 4.0 envolve o isolamento de tarefas e áreas de especialização, para que seja possível economizar tempo e custos através da escolha da maioria dos componentes de um painel de controle.

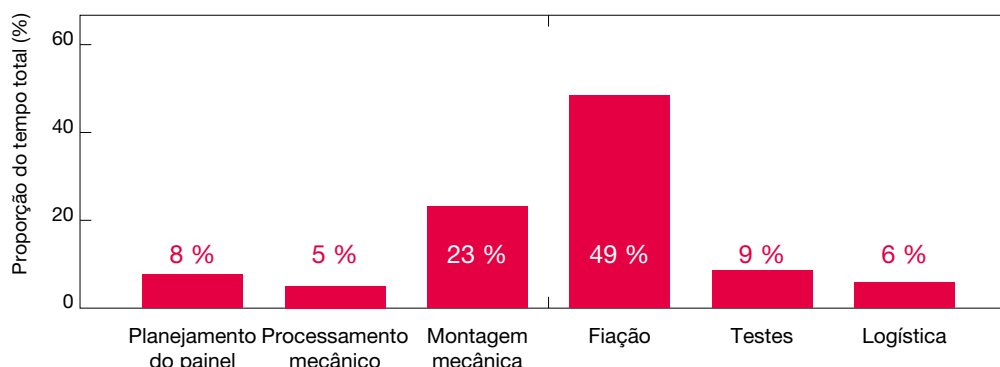


Figure 3.1: Fases na produção / montagem de um painel de controle e tempos como proporção do tempo total do projeto

Os componentes na fabricação de controle podem ser classificados em três categorias, de acordo com seu tamanho e finalidade, e, portanto, geralmente estão localizados em diferentes áreas dentro das salas de produção. Componentes quantificáveis, como amplificadores de acionamento e bornes, são mantidos em grandes armazéns. Os carretéis de fios e cabos estão localizados perto das máquinas de produção, onde são realizados os chicotes. Nas empresas visitadas, os componentes não quantificáveis, ou seja, material a granel, usavam diferentes métodos de armazenamento, variando de sistemas Kanban centralizados a mini-sistemas de armazenagem no local de trabalho.

Como já mencionado, os painéis de controle são compostos por uma infinidade de componentes, tornando a montagem de componentes mecânicos e a fiação um processo manual demorado. No entanto, isso pode ser significativamente mais rápido com o uso inteligente das informações existentes nos modelos 3D. Um procedimento dedicado de pré-planejamento e comissionamento permite que a pré-fabricação de bornes (posicionados em tiras e identificados) torne a instalação significativamente mais rápida e elimine as rotas de transferência. O mesmo se aplica à fiação que representa, em média, quase 60% do tempo de produção. Usando fiação pré-fabricada ou conjuntos de fiação (no comprimento e espessura exigidos e com conectores adicionados), é possível obter uma economia de tempo de até 35%. Em combinação com a fiação baseada em lista, é possível obter até 50%. Para explorar esse potencial, os locais de trabalho precisam ser adaptados com caixas ou prateleiras móveis para armazenar as mercadorias colhidas. Além disso, são necessárias listas de materiais detalhadas e verificadas da engenharia para garantir uma coleta precisa.

Este estudo deixa claro que, para os gabinetes de controle do futuro, os componentes precisam ser pré-fabricados e disponíveis nos locais de trabalho relevantes, e materiais a granel precisam ser fornecidos aos técnicos por meio de sistemas Kanban, independentemente de sistemas de produção aninhados ou contínuos estarem sendo utilizados.

3.2 Dispositivos multimídia para representação de informações

As pessoas hoje estão cercadas por dispositivos digitais e fontes de informação multimídia. Os últimos índices da bolsa, notícias ou imagens de amigos estão a um clique de distância. O uso rotineiro de smartphones ou tablets não é mais a exceção. Era comum nas salas de produção das empresas pesquisadas que a produção principalmente em papel não fosse mais apropriada. No entanto, todas as empresas

pesquisadas, com poucas exceções, dependem principalmente de documentação analógica na produção.

O pré-planejamento acessa digitalmente as listas de componentes e estoque e depois imprime-os para os carrinhos de seleção. Na produção real do painel de controle, ou seja, processamento e montagem mecânica e elétrica, apenas documentos impressos e notas manuscritas estão sendo usadas na forma de diagramas de circuitos e listas de fiação para alterar a documentação de gerenciamento e teste. Massas de documentos com várias centenas de páginas não são incomuns.

Um sistema de produção baseado em papel não é realmente uma desvantagem, mas representa um grande desafio para manter a ordem da grande quantidade de papel. Por exemplo, um diagrama de circuito é composto de uma média de 320 páginas, com eletricitas precisando procurá-los várias vezes durante a fiação para encontrar destinos de fios. O retrato simples de informações de roteamento, como as fornecidas por uma lista de fiação ou um diagrama de circuito digital, não é possível. Além disso, os documentos em papel são expostos às condições circundantes, p. a sujeira de uma sala de produção pode tornar os documentos ilegíveis. Alterações ocorridas durante a produção (por exemplo, reposicionamento de componentes devido a uma colisão ou retificação dos detalhes da fiação devido a uma conexão de terminal em triplicado) não são grandes problemas, mas precisam ser registradas e subsequentemente reconciliadas com a documentação digital. Para esse gerenciamento de mudanças, as empresas pesquisadas usam duas abordagens principais: as alterações são marcadas nos documentos de engenharia relevantes (por exemplo, diagramas de circuitos) com uma folha de rosto listando todas as seções alteradas ou as alterações são feitas exclusivamente em um registro / tabela detalhado de alterações. Ambas as abordagens se baseiam em ter mais um documento em papel detalhado com várias páginas e, portanto, não ajudam no problema do papel. Eles também introduzem uma tarefa adicional na fase final da documentação de transferir as alterações das notas manuscritas para os desenhos de engenharia digital.

Um outro problema com os documentos em papel, de acordo com todas as empresas pesquisadas, é a persistência das alterações sendo feitas no painéis de controle. É fácil fazer comentários ou alterações em um documento usando um lápis. No entanto, grandes mudanças, por ex. alterações do cliente que exijam componentes diferentes, não podem ocorrer sem outras ações. Tais modificações geralmente ocorrem dentro do departamento de engenharia, para que possa levar algum tempo até que os dados atualizados cheguem à produção. Segundo as empresas pesquisadas, isso pode levar até uma semana ou até 2 em casos excepcionais.

Durante esse período, outras alterações podem ter ocorrido, complicando ainda mais a gestão de alterações e destacando o problema do processamento de dados em papel.

As empresas pesquisadas não estavam apenas abertas à proposição de pastas de documentos digitais, algumas já haviam pensado em fazê-lo. Duas empresas já haviam realizado avaliações iniciais sobre a viabilidade e o esforço necessário para implementar pastas de documentos digitais. No geral, muitos engenheiros e supervisores de produção, bem como técnicos em mecânica e elétrica, receberiam pastas de documentos digitais para permitir uma visualização mais rápida dos desenhos de engenharia, bem como das informações de produção relevantes. Eles vêem grandes benefícios a esse respeito. Por exemplo, essas informações podem ser exibidas com relativa facilidade para a fiação. O tempo médio para a fiação usando um diagrama de circuito é de 54 h, com cerca de 31% do tempo necessário para tarefas preparatórias, como a leitura do diagrama e a localização dos pontos de origem e destino. 13% do tempo é necessário para o trabalho preparatório do fio - roteamento inicial e estimativa dos comprimentos do fio. Os 56% restantes são para a fiação real - corte, adição de conectores, crimpagem. Portanto, um terço do tempo é gasto lendo o documento - com uma média de 500 fios por painel de controle e um tempo médio de 54 horas para a fiação, isso equivale a 16,74 horas por painel de controle. Um sistema baseado em software que pode retratar visualmente os pontos de origem e destino de um fio - seja em um diagrama de circuito digital ou em um desenho virtual em CAD / CAE 3D - pode reduzir esse esforço em até 81%.

Os dispositivos digitais também podem ser aplicados com lucro em outras áreas da fabricação de painéis de controle. No componente elétrico pode ser visualmente exibida a montagem, informações sobre a localização de um componente, destacando-o em um desenho CAD. O uso dessa nova mídia requer desenhos de engenharia consistentes e precisos. As informações a serem exibidas na produção devem ser criadas em uma fase anterior. Isso requer pelo menos um desenho de engenharia 2D detalhado e testado - se isso foi criado usando o máximo de técnicas ou configuradores é menos importante. Além da emissão de dados de produção precisos, a disponibilidade da produção também precisa ser alcançada. Geralmente, é uma tarefa de tecnologia da informação que pode ser realizada por departamentos internos de TI ou terceirizados.

Dependendo das salas de produção existentes, a comunicação sem fio é possível, mas um sistema conectado a cabo também seria suficiente. Os fornecedores desses sistemas de software precisam desenvolver sistemas de segurança detalhados com permissões baseadas em funções para impedir que alterações não autorizadas

ocorram. Isso pode ser alcançado usando uma função de aprovações no teste final do painel de controle. Além disso, questões como o que fazer com alterações contraditórias ou simultâneas precisam ser abordadas, bem como a emissão de notificações de alterações.

3.3 Processamento mecânico e montagem

A produção mecânica compreende processamento mecânico e montagem mecânica e é a primeira de duas fases básicas a produzir um painel de controle funcional a partir de desenhos de engenharia. Entre as empresas pesquisadas, ambas as fases são executadas principalmente manualmente, podendo-se supor que exista um grande potencial para a produção digitalizada e (semi) automatizada. Esta seção examina mais de perto as fases „processamento mecânico“ e „montagem mecânica“.

3.3.1 Processamento mecânico

O processamento mecânico de um painel de controle inclui o processamento da carroceria por meio de perfuração e a criação de recessos para interruptores, botões, unidades de refrigeração e recortes, bem como o processamento de painéis de montagem (nenhuma das empresas pesquisadas utiliza sistemas ferroviários em seus painéis de controle). Apenas 45% das empresas realizam essa fase por conta própria. Uma pequena maioria obtém seus painéis de controle pré-fabricados de um fornecedor. Embora isso tenha a vantagem de eliminar a necessidade de um departamento de processamento mecânico - que, para baixas produções anuais de painéis de controle, seria subutilizado e tem uma alta taxa de inatividade - a fabricação dos painéis de controle fica dependente dos termos de entrega do fornecedor. Empresas com baixa produção anual de painéis de controle e distribuição perdem competitividade porque, em certas circunstâncias, os termos e condições oferecidos pelos fornecedores não são competitivos.

As empresas pesquisadas com processamento mecânico interno o realizam exclusivamente com máquinas de processamento automatizadas - máquinas de perfuração ou fresadoras / furadeiras CNC. Além das diferentes técnicas de processamento, as principais diferenças entre essas empresas dizem respeito ao uso de desenhos de engenharia no processo de processamento. Em 58% dos casos, as instruções da máquina são executadas inserindo manualmente dimensões para cortes e perfurações. Isso cria suscetibilidade a entrada incorreta e requer leitura precisa do desenho de engenharia. Aqui é necessária alta precisão, porque os furos para a fixação de componentes geralmente envolvem baixas tolerâncias de produção - as

posições dos parafusos dos inversores de tensão são especificadas pelo fabricante. Os 42% restantes têm principalmente processamento automatizado. O carregamento e descarregamento das máquinas CNC ocorre manualmente, mas os perfis de processamento já existem nas máquinas e requerem apenas o carregamento correto pelo técnico. Esses perfis podem ser obtidos a partir de desenhos CAD 2D ou 3D ou podem ser baseados em componentes padronizados - por exemplo, apenas um tipo específico de interruptor de interrupção para painéis de controle com certificação ISO.

Além do processamento mecânico do corpo do painel de controle e do painel de montagem, o corte no comprimento dos trilhos DIN e nas canaletas também pode ser padronizado e automatizado. Surpreendentemente, todas as empresas pesquisadas realizam o corte e a instalação manuais de componentes com base em um desenho de engenharia avaliado. Auxílios mecânicos menores são usados para simplificar o corte, mas os detalhes sobre o comprimento e o diâmetro das canaletas são retirados dos desenhos de engenharia - nenhuma lista dos comprimentos a serem criados existe semelhante a uma lista de fiação.

É fácil ver que entre a multiplicidade dessas tarefas manuais podem ocorrer erros que podem ser evitados por algumas etapas facilmente realizáveis. Como regra, os desenhos de engenharia de um painel de controle existem antes do início da produção, para que possam ser usados para obter as informações de produção necessárias para o processamento mecânico. Ao implementar esta etapa na engenharia de um painel de controle, a placa de montagem pode ser fixada na máquina de processamento relevante e automaticamente fornecida com os furos e recortes necessários. Essa abordagem também pode ser aplicada às paredes de um corpo do painel de controle, pois geralmente são destacáveis da estrutura do painel. Até 55% de economia de tempo no processamento mecânico pode ser alcançado.

O uso de uma mini-máquina CNC / de perfuração (programação manual ou automatizada) é uma opção para algumas das empresas pesquisadas (27%) devido aos custos de compra e operação que excedem as capacidades. Esse problema é principalmente acadêmico para empresas com baixa produção anual de fabricação, porque a alta taxa de utilização necessária para essas máquinas não pode ser fornecida. Por outro lado, benefícios óbvios são fornecidos pelo processamento baseado em CNC, como um alto nível de precisão absoluta e repetida.

3.3.2 Montagem mecânica

Após o processamento mecânico de um painel de controle (placa de montagem,

paredes laterais e portas), são instalados trilhos DIN, canaletas, vedações e suportes para os componentes. Para todas as empresas pesquisadas (apenas 45% processam mecanicamente seus painéis de controle internamente), essa fase ocorre manualmente, com auxílios mecânicos sendo usados apenas para cortar os trilhos DIN e as canaletas. As instruções de produção são obtidas pelos técnicos a partir dos desenhos de engenharia disponíveis e transferidas para o processo.

As pequenas peças pequenas (parafusos, porcas, buchas, etc.) geralmente são adquiridas pelos próprios técnicos em uma fase de separação de componentes. De qualquer forma, não há embalagem das peças a granel necessárias, embora isso traga benefícios ao evitar rotas de transferência e estimativas incorretas das quantidades necessárias. No entanto, muito mais grave é a não utilização de informações existentes de desenhos de engenharia para produção automatizada.

Os desenhos de engenharia atuais podem receber informações adicionais, que também podem fornecer instruções de produção. Os desenhos de engenharia existem antes do início da produção, portanto, em princípio, é possível usar os desenhos para obter os comprimentos dos trilhos DIN e canaletas para corte automatizado. É até possível usar um centro de processamento onde o corte é realizado, bem como a fixação ou rebiteamento de trilhos DIN e canaletas. Na produção totalmente automatizada, isso pode permitir economia de tempo de até 83%, e na produção semi-automatizada, é possível obter até 47%. Além dessas possíveis economias de tempo, a fabricação automatizada do painel de controle também pode economizar em custos de material. Os desenhos de engenharia digital podem ser usados para obter de forma otimizada os comprimentos necessários das canaletas dos estoques existentes, reduzindo assim ou possivelmente evitando o desperdício. Isso fornece benefícios econômicos e ecológicos. No entanto, essas fases automatizadas requerem desenhos de engenharia 3D consistentes e verificados do painel de controle.

3.4 Montagem e fiação elétrica

Todas as empresas participantes realizam a montagem e a fiação do painel internamente. 27% das empresas ainda adquirem seus armários de controle pré-fabricados, ou seja, já com recortes e recessos. A proporção de montagem e fiação mecânicas, portanto, ocupa quase 75% do tempo de processamento (veja a Figura 3.1). A montagem e a fiação elétrica são a fase na fabricação do painel de controle capaz de se beneficiar muito da digitalização e automação. “Montagem elétrica” e “fiação elétrica” são examinadas separadamente a seguir.

3.4.1 Montagem elétrica

A montagem elétrica de um painel de controle é a primeira de duas etapas na produção elétrica, na qual são instalados dispositivos (transdutores, contadores, dispositivos de sinalização, fontes de alimentação etc.), bem como componentes menores, como terminais, interruptores e botões. Como base para a montagem, os técnicos usam listas de materiais (para 45% das empresas pesquisadas) ou diagramas de circuitos (55% das empresas pesquisadas). A montagem usando listas de materiais é benéfica porque essas listas são pré-classificadas por componente, proporcionando assim uma visão geral fácil. O uso de um diagrama de circuitos para determinar componentes requer muito mais esforço e é mais propenso a erros, com várias centenas de páginas que precisam ser navegadas. 81% das empresas não escolhem mercadorias a granel (terminais, parafusos, jumpers) por serem impraticáveis. Portanto, os técnicos são obrigados a manter uma certa quantidade de mercadorias a granel em seus locais de trabalho. 22% das empresas usam sistemas Kanban, enquanto todos os outros casos exigem que os técnicos assumam a responsabilidade de monitorar os próprios estoques e, quando necessário, reabastecê-los de uma loja centralizada. Os 18% restantes das empresas pesquisadas obtêm suas réguas de bornes pré-fabricadas de fornecedores, economizando, assim, a separação e a fabricação de réguas. A instalação dessas réguas de bornes reduz o esforço em até 92%.

A instalação dos dispositivos pode ocorrer somente quando um desenho de engenharia relevante estiver disponível. Tais desenhos fornecem o posicionamento de canaletas e trilhos DIN, com áreas específicas sendo designadas para inversores, acopladores de barramento e bornes. Em 18% dos casos, os painéis de controle são montados sem desenhos de engenharia e usam apenas diagramas de circuitos como base. Os motivos apresentados são tempos de projeto muito mais curtos e, portanto, não há opção para o planejamento prévio e a engenharia correspondente.

Como em outras fases da fabricação do painel de controle, a montagem automatizada usando bornes ou dispositivos requer um modelo detalhado do painel de controle. Na maioria das empresas pesquisadas (72%), o número de bornes é retirado manualmente do diagrama de circuitos. Portanto, é necessário um maior esforço, pois a tarefa é manual e propensa a erros. Isso pode ser evitado e agilizado, executando ações relevantes na fase de engenharia. Um modelo digital de um painel de controle também pode ser usado para pré-fabricação de bornes por pré-planejamento interno ou por um provedor de serviços externo. Isso proporciona ganhos de tempo de até 90% e os estoques podem ser reduzidos através de um suprimento just in time de réguas de bornes fabricadas.

Se componentes padronizados ou „unidades funcionais“ forem utilizados na engenharia de painéis de controle, pacotes ou régua de bornes completas podem, devido à padronização, ser mantidos em estoque como peças pré-fabricadas. Estes podem ser fornecidos no pré-planejamento e / ou armazenagem, juntamente com as unidades funcionais. Se essa abordagem for combinada com a terceirização da pré-fabricação de bornes para provedores de serviços externos, é possível obter até 90% de economia de tempo, porque os pacotes de régua de bornes são capazes de instalação em alta velocidade usando sistemas de cliques especiais.

3.4.2 Fiação elétrica

Uma fase principal na fabricação do painel de controle é de longe a fiação elétrica na qual os dispositivos são conectados entre si para produzir um painel de controle funcionando eletricamente. Essa fase também é de longe a fase mais demorada para todas as empresas pesquisadas, exigindo 49% do tempo total de produção, independentemente da qualidade das informações provenientes da engenharia. Os técnicos que executam o trabalho precisam ser altamente treinados para ler os diagramas de circuitos e ter as habilidades necessárias para detectar possíveis erros. Em 90% das empresas, os diagramas de circuitos são usados como base para a fiação, que fornece informações apenas sobre a origem e o destino de uma conexão. Informações adicionais, como comprimento do fio, cor, espessura e configuração da extremidade do cabo, permitiriam uma fiação mais rápida.

A seleção correta da espessura do fio é importante para o correto funcionamento do painel e depende do treinamento do técnico. Os diagramas de circuitos, que freqüentemente compreendem centenas de páginas, não são muito informativos, geralmente carecem de informações importantes para a fiação e podem ser considerados como um retrato complexo de uma lista de links. Também é difícil trabalhar nos diagramas de circuitos devido à sua contra-intuição e não linearidade: os componentes que são colocados seqüencialmente um ao outro no painel de controle não serão necessariamente descritos nas páginas sequenciais no diagrama de circuito correspondente. É mais a regra do que a exceção que os técnicos precisam percorrer o diagrama completo do circuito várias vezes durante o processo de fiação para conectar todos os componentes. Além dos 42 segundos médios necessários para o roteamento de fios, são necessários mais 67 segundos para ler o diagrama do circuito e localizar os componentes na placa de montagem e / ou nas paredes laterais. Outra tarefa de fiação é a preparação do fio, isto é, cortar no comprimento, crimpar e etiquetar, o que requer mais 157 segundos. No total, um técnico médio exige uma média de 266 segundos para conectar dois componentes do painel de controle - isso

representa bons 4 1/2 minutos por fio.

Executar a fiação usando uma lista de fiação é uma abordagem mais avançada que a fiação clássica, usando um diagrama de circuitos. O método da lista de fiação está sendo usado por apenas 9% das empresas pesquisadas. Mesmo nesses casos, os painéis de controle geralmente são conectados de acordo com os diagramas de circuitos, devido aos técnicos que os acham mais fáceis de ler. Curiosamente, isso é exatamente o oposto do que uma lista de conexões deve alcançar. As informações em uma lista de fiação incluem, além dos pontos de origem e destino, informações adicionais como comprimento do fio, diâmetro, cor e identificação. Informações adicionais também estão disponíveis conforme necessário. Uma lista de fiação permite uma realização muito mais linear da fiação do que um diagrama de circuito. Para criar uma lista de fiação completa e correta, são necessárias, no entanto, informações adicionais da engenharia, como o tipo de fio e sua espessura - essas informações dependem do componente a ser conectado e, portanto, precisam ser registradas nos modelos CAD- / CAE .

Em 72% das empresas pesquisadas, os erros geralmente são detectados pela primeira vez na fase de produção porque os desenhos não são verificados na engenharia. Tais erros incluem canaletas sobrecarregadas, colisões entre dispositivos e componentes do armário e obstáculos à convecção térmica. Técnicos elétricos são treinados o suficiente para permitir a correção desses erros e registrar as modificações em um log de alterações. No final do teste do painel de controle, as informações nos logs são transferidas para a documentação digital para garantir que correspondam ao produto final. Essa etapa seria desnecessária na produção totalmente digitalizada, porque os técnicos inseriam as alterações diretamente nos desenhos de engenharia digital.

Para revolucionar a fiação, diferentes soluções e abordagens precisam ser consideradas. Se estiverem sendo utilizados diagramas de circuitos, é possível obter economia de tempo de até 32% através da representação estruturada em uma lista de fiação. Além disso, a fiação usando uma lista de fiação não requer as habilidades de técnicos altamente qualificados, o que representa um benefício econômico ao exigir pessoal extra em períodos de pico. Além da leitura das instruções de fiação, cortar os fios no comprimento também é um processo demorado, que geralmente requer anos de experiência até que se torne rápido e praticamente livre de erros. Um diagrama de circuito não contém informações sobre o caminho de um fio. Portanto, é impossível usar fios pré-fabricados, para que os técnicos precisem executar várias tarefas: posicionamento de fios, preparação, conclusão e instalação. Os desenhos de engenharia 3D, no entanto, fornecem informações sobre o encaminhamento e o comprimento dos fios. Além disso, a capacidade total das canaletas já pode ser

determinada durante a engenharia. Tudo isso é possível em apenas alguns cliques usando um software de desenvolvimento 3D relevante.

Além das abordagens já mencionadas, alguns fabricantes de painéis de controle estão considerando sistemas de produção digital nos quais a fiação ocorre sem nenhuma contribuição humana. Atualmente, o mercado possui apenas alguns fornecedores que buscam esses sistemas. No entanto, apenas a presença deles mostra a direção em que a fabricação do painel de controle está indo. Talvez o uso de tais sistemas seja discutível para empresas com baixa produção de painéis de controle mais individualizados, mas aquelas com altas produções podem obter economia de tempo na fiação de até 63%. Deve-se observar, no entanto, que essas máquinas estão longe de funcionar com inteligência e experiência como técnicos treinados. Desvios menores na montagem mecânica ou elétrica pode resultar em um componente incorretamente conectado, tornando o painel de controle inoperante. O uso de robôs ou máquinas de fiação exige que os processos de desenvolvimento de produtos sejam aplicados ao painel de controle desde o início para fornecer dados de engenharia e produção de alta qualidade. Somente dessa maneira os benefícios da produção semi ou totalmente automatizada.

3.5 Testes

O teste de um painel de controle é necessário para todos os fabricantes do painel de controle para garantir a produção e a funcionalidade corretas de todos os componentes. Os testes não abrangem apenas os testes finais de um painel de controle, mas também os testes em andamento durante a produção. Isso inclui a verificação dos desenhos de produção antes das diferentes fases, bem como a inspeção óptica após a conclusão de uma fase. 36% das empresas pesquisadas realizaram testes intensivos durante as fases executadas pelo técnico que faz o trabalho e, em seguida, verificaram a exatidão pelo próximo técnico. Essa abordagem exige um esforço extra durante a fase individual, mas tem o benefício de identificar e corrigir erros em um estágio inicial. Além disso, cada técnico indiretamente se torna seu próprio testador e, portanto, realiza seu trabalho com mais confiabilidade.

25% das empresas pesquisadas realizam testes eletrotécnicos finais, incluindo testes funcionais após a fiação - os 75% restantes realizam apenas testes eletrotécnicos. O teste eletrotécnico verifica apenas a fiação correta do painel de controle e não o funcionamento correto de componentes individuais. O teste funcional de um painel de controle também testa o desempenho, validando também os circuitos de segurança. Dos 75% das empresas que realizam testes eletrotécnicos, 16% também realizam testes funcionais durante a engenharia em um procedimento de inicialização virtual.

Os erros no software de controle podem, portanto, ser corrigidos antes da produção. O teste eletrotécnico final ocorre em todos os casos, verificando potenciais elétricos usando potenciômetros. Os métodos de teste diferem apenas pelo equipamento utilizado (potenciômetros padrão ou programáveis). Os testes funcionais de painéis de controle e quadros de distribuição usam equipamentos de controle de teste. Em todos os casos, esses são controladores, programados pela empresa e criados a partir do „projeto máximo“ de uma máquina correspondente. Isso permite o autoteste das tarefas de produção e dos componentes. 18% dos casos também realizam testes de carga nos painéis. Isso requer um esforço preparatório adicional, mas permite a conexão sem problemas no campo. Se o teste do painel de controle for realizado apenas quando o painel estiver localizado em campo (18% das empresas realizam testes em campo ou deixam o teste para o cliente), podem ocorrer danos à máquina ou ao sistema, resultando em reparos caros.

Infelizmente, não há solução geral para o teste do painel de controle devido à grande variedade de configurações possíveis. Além disso, também existem problemas de diferentes necessidades e condições de entrega do cliente, por exemplo para outros países. Para a fabricação de painel de controle do tipo série, uma rotina geral pode ser criada para testes funcionais, que podem ser estendidos para módulos específicos. Tais procedimentos de teste podem ser realizados de forma manual ou automática, pelo que um tempo médio de teste de pelo menos quatro horas (desde que não exista nenhum erro) torna um sistema semi ou totalmente automatizado (por exemplo, por um robô de teste) preferível. Os testes podem ser realizados da noite para o dia, com os resultados sendo analisados na manhã seguinte e os sistemas errados, depois submetidos a um exame mais minucioso. Paradas desnecessárias de produção são evitadas.

Uma opção adicional para realizar testes contínuos na fabricação de painéis de controle é através da realidade aumentada, além do monitoramento contínuo do processo nas fases de produção. A realidade aumentada mescla os mundos real e virtual e permite que os técnicos obtenham informações, por exemplo, através de óculos ou de um monitor posicionado acima da superfície da montagem. Qualquer informação pode ser exibida, como detalhes sobre os furos ou um componente, bem como os pontos de origem e destino na fiação. O monitoramento contínuo do processo resulta no trabalho em teste permanente para permitir a detecção precoce e automática de erros. Isso requer desenhos de engenharia detalhados e verificados, que tenham pelo menos um modelo 2D do painel de controle. Um diagrama de circuito é insuficiente aqui para identificar furos, componentes e fiação incorretos.

Os benefícios da inspeção visual contínua dos testes realizados são um argumento para a implementação dessa abordagem. Qualquer erro (por exemplo, componentes

ausentes ou fiação incorreta) pode ser identificado e corrigido antes da conclusão da fase. Isso consome menos tempo e custa mais do que identificar e corrigir irregularidades durante a fase de produção. Por exemplo, para corrigir furos muito pequenos e identificados apenas durante a montagem elétrica, é necessário mais esforço, pois os componentes podem precisar ser removidos antes da nova perfuração. A inspeção visual, no final de uma fase, feita pelo próprio técnico, torna o técnico seu próprio inspetor e, portanto, promove uma abordagem mais cuidadosa da tarefa. As empresas que aplicam essa abordagem relatam uma redução de erros de até 85% e um aumento subsequente na eficiência de pelo menos 37%.

3.6 Ergonomia e layout do local de trabalho

Com base nas análises no local, foram identificadas várias melhorias em relação à ergonomia e ao layout do local de trabalho. Durante a fiação, os técnicos geralmente precisam girar 180 ° da visualização do diagrama de circuito à fiação do painel de controle. Isso não é apenas demorado, mas também prejudicial à saúde. É necessária uma carga de trabalho fisicamente e mentalmente equilibrada para promover a saúde e alcançar o desempenho ideal. Como já mencionado, a assistência de dispositivos de usuário multimídia é uma opção para simplificar a fiação e facilitar o trabalho do técnico, otimizando o local de trabalho. Também é possível economizar tempo.

O estudo identificou diferentes abordagens sobre como um painel de controle está posicionado para realizar a montagem. Isso ocorre principalmente com o painel na posição horizontal ou vertical e raramente na posição angular. Alguns componentes, como amplificadores de drive, são pesados. O posicionamento do painel desempenha um papel importante. O estudo fez uma análise detalhada dos procedimentos de trabalho na produção e determinou que os técnicos podem montar os componentes de maneira mais rápida e ergonômica quando o painel está na posição horizontal e não na vertical. Ao posicionar componentes pesados, os auxiliares de elevação podem ser benéficos. A fiação, por outro lado, exige que o painel esteja na posição vertical. A fiação é muito mais fácil para o técnico, sentado ou em pé.

Além do posicionamento do painel de controle, as ferramentas e equipamentos no local de trabalho também desempenham papéis importantes na otimização da produção. As ferramentas, os fios e o material a granel necessário precisam ser classificados e ao alcance do técnico. 11% das empresas usam sistemas Kanban no local de trabalho que fornecem materiais automaticamente. Esse ideal para o local de trabalho evita longas rotas de transferência para lojas localizadas centralmente. Para os outros 89% das empresas, os próprios técnicos são responsáveis pela reposição dos contêineres de granel. Economias de tempo de até 35% são alcançáveis por explorar os potenciais mencionados.

Tendências na fabricação de painéis de controle

Como parte do estudo, as empresas também foram questionadas sobre as tendências que prevêm em engenharia e produção. Estes são apresentados brevemente neste capítulo final.

Componentes com maior complexidade e mais programação

Os componentes de hoje têm uma parcela cada vez maior de programação que precisa ser contabilizada principalmente na engenharia. O posicionamento desses componentes geralmente não é mais restrito e podem ser instalados em qualquer lugar necessário dentro do painel de controle. No entanto, isso resulta na necessidade de testes intensivos de software do painel de controle.

Um número maior de componentes de campo através da descentralização

As máquinas e sistemas de hoje são tão complexos e estão equipados com tantas funções que há uma necessidade cada vez menor da fabricação de painéis de controle cada vez maiores. A tendência é em direção a painéis de controle descentralizados e localizados em campo, contendo os componentes necessários e um mínimo de lógica de controle. Um painel de controle central continuará fornecendo ciclos de controle primário, mas terá um nível de complexidade muito reduzido. Essa descentralização afeta diretamente a complexidade, densidade e quantidade de painéis de controle que precisam ser instalados para uma máquina ou sistema.

Restrições à diversidade de componentes

Embora a maioria dos participantes do estudo se referisse a uma grande diversidade de componentes (63% têm uma participação de mais de 50% em componentes especializados), muitos também desejavam uma redução dessa diversidade. A razão para isso é, por um lado, o esforço necessário na administração e a multiplicidade de peças especializadas necessárias na engenharia. Por outro lado, um alto nível de diversidade afeta a produção ao exigir técnicos altamente treinados, capazes de gerenciar a correspondente alta taxa de variação de produção. Portanto, 36% das empresas buscam uma redução na diversidade de componentes usando apenas uma ou duas variantes, p. geradores de pressão. É claro que isso requer uma nova maneira de pensar e pode resultar em sistemas e componentes muito grandes, mas reduzirá o esforço tanto na engenharia quanto na produção.

Terceirização

Foi importante para o estudo pesquisar empresas que realizam fabricação interna de painéis de controle. Esse foi o caso de apenas 78% das empresas pesquisadas. Isso significa que um a cada cinco painéis de controle de uma máquina ou sistema já está sendo fabricado por fornecedores externos. Deve-se mencionar também que 27% das empresas pesquisadas não realizam seu próprio processamento mecânico em painéis de controle, mas as obtêm pré-fabricadas. Pressões de tempo e custo significam que algumas empresas - especialmente aquelas com baixa produção anual de painéis de controle e quadros de distribuição - estão se perguntando se seus painéis de controle são fabricados externamente. Outras empresas desejam continuar fabricando seus painéis, mas usando, quando possível, réguas de bornes e chicotes de fios pré-fabricados. É difícil prever até que ponto a tendência à terceirização continua. No entanto, as condições atraentes de fornecedores externos não devem ser subestimadas.

Resumo

Este capítulo resume brevemente os resultados do estudo. Explicações mais detalhadas podem ser encontradas nas seções relevantes.

Produção automatizada usando engenharia 3D

Uma tendência claramente identificável entre as empresas pesquisadas é a criação de desenhos de engenharia 3D. Isso pode envolver complicações e curvas de aprendizado simples na fase de transição a partir de desenhos 2D e diagramas de circuitos, mas benefícios claros podem ser alcançados usando modelos 3D. Por fim, os modelos 3D permitem a produção totalmente automatizada e contínua de painéis de controle - ou a fabricação semi-automatizada correspondente de painéis de controle.

Terceirização ou produção interna?

Para empresas com baixa produção anual de painéis de controle com atividades de desenvolvimento e produção relativamente altas e sem fins lucrativos, existe a questão de terceirizar a fabricação dos painéis de controle. Algumas das empresas pesquisadas consideram isso não apenas uma perda de habilidades internas, mas também uma dependência dos termos de entrega dos fabricantes contratados. Isso geralmente não é um problema na fabricação de máquinas em série, porque o tempo é menos restrito em comparação com a fabricação de sistemas. Não há estatísticas disponíveis para avaliar isso, portanto é necessária uma análise separada.

Padronização em engenharia

Para garantir que a fabricação interna do painel de controle permaneça competitiva nos próximos anos, as abordagens de produção exigem maior padronização e unificação. Em vista do alto nível de peças especializadas em engenharia mecânica, isso pode parecer à primeira vista impossível. No entanto, a maioria dessas peças especiais são simplesmente opções baseadas em um único tipo de máquina específica. Portanto, deve ser possível criar uma lista de instruções de produção para praticamente qualquer máquina. Isso beneficiará significativamente a produção, porque essas listas praticamente não deixariam espaço para diferenças na interpretação. Os erros podem ser evitados e, em períodos de pico, operadores não treinados podem ser implantados rapidamente.

Pensando em funções

Semelhante à engenharia de máquinas ou sistemas de ferramentas, a fabricação de painéis de controle também deve ser considerada em funções ou unidades funcionais. Os engenheiros de hoje, no entanto, geralmente projetam seus painéis de controle a partir de listas de materiais. A longo prazo, isso é impraticável e requer repensar o treinamento em engenharia e o uso de software. Um painel de controle precisa ser desenvolvido em unidades funcionais, nas quais cada unidade pode ser testada e gerenciada independentemente. Isso permite potenciais significativos em engenharia e produção.

Documentação de produção baseada em lista

A documentação usada na produção geralmente é baseada em listas de materiais, diagramas de circuitos e desenhos de engenharia. Não é fácil extrair informações delas para concluir uma fase específica e depende da capacidade de cada técnico individual. Usando a documentação de produção baseada em lista claramente estruturada e sequenciada, as instruções de produção podem ser executadas mais rapidamente e com menos erros. As capacidades podem então ser facilmente aumentadas durante os períodos de pico, porque não são mais necessários funcionários altamente treinados. A produção baseada em lista é a chave para uma produção sem erros, mais rápida e flexível.

Pré-planejamento e separação de componentes para processos de produção mais rápidos

Para possibilitar a fabricação contínua de quadros de controle no futuro, é preciso mais atenção ao pré-planejamento. Caixas de componentes pré-selecionadas para cada painel de controle individual precisam ser montadas pela logística nas lojas de componentes. Com exceção dos fios adquiridos e do material a granel associado, os técnicos podem contar com a quantidade correta de componentes necessários. A necessidade de técnicos adquirirem os componentes necessários para um painel de controle deve se tornar algo pertencente ao passado.

EPLAN

engenharia eficiente.

- Consultoria em Processos
- Software de Engenharia
- Implementação
- Suporte Global

EPLAN Brasil Ltda. - Matriz

Alameda Terracota, 185 - Cj 1331 - Cerâmica, São Caetano do Sul - SP, 09531-190

Telefone: +55 (11) 4223-5012

Unidade Joinville

Av. Rolf Wiest, 277 - Sala 301 - Bom Retiro, Joinville - SC, 89223-005

Telefone: +55 (47) 3434-0030

info@eplan.com.br - www.eplan.com.br

CONSULTORIA DE PROCESSOS

SOFTWARE DE ENGENHARIA

IMPLEMENTAÇÃO

SUORTE GLOBAL

