

UTILIZAÇÃO DE SENSORES ELÉTRICOS NA PROTEÇÃO DE REATORES INDUSTRIAIS CONFORME A NR12

USE OF ELECTRICAL SENSORS IN THE PROTECTION OF INDUSTRIAL REACTORS ACCORDING TO NR 12

UTILIZACIÓN DE SENSORES ELÉCTRICOS EN LA PROTECCIÓN DE REACTORES INDUSTRIALES SEGÚN LA NR 12

Tailaine Figueira Fonseca de Carvalho Calheiro¹

Jéssica Leynne da Silva Araujo²

Carla Tatiana Porto Martins³

Alex Franco Ferreira⁴

RESUMO: Este estudo de caso examina a aplicação das chaves elétricas da Allen Bradley, com foco nas chaves de travamento de proteção 440G-MT, em reatores químicos industriais. O principal objetivo é avaliar a eficácia desses sensores na garantia da conformidade com normas de segurança, como a NR12, e na integração dessas soluções na perspectiva da indústria 4.0 para aprimorar a automação industrial. A metodologia envolveu a cuidadosa seleção e instalação dos sensores, verificação da conformidade com a NR12 e coleta de dados através de observações e medições. Os resultados destacam que os sensores de travamento de proteção desempenham um papel crucial na segurança dos reatores, garantindo a conformidade normativa e contribuindo significativamente para a eficiência dos processos de automação industrial na era da indústria 4.0. Além de atender às exigências regulatórias, a implementação desses sensores impulsiona a inovação tecnológica, fortalecendo a interseção entre segurança, automação e os avanços significativos na indústria 4.0.

3815

Palavras-chave: NR12. Sensores. Automação.

ABSTRACT: This case study examines the utilization of Allen Bradley electrical switches, with a specific focus on the 440G-MT safety interlock switches, in industrial chemical reactors. The primary objective is to assess the effectiveness of these sensors in ensuring compliance with safety standards such as NR12 and integrating these solutions within the industry 4.0 perspective to enhance industrial automation. The methodology involved meticulous selection and installation of the sensors, verification of compliance with NR12, and data collection through observations and measurements. The results underscore the pivotal role played by the safety interlock switches in securing reactors, ensuring regulatory compliance, and significantly contributing to the efficiency of industrial automation processes in the industry 4.0 era. Beyond meeting regulatory requirements, the implementation of these sensors propels technological innovation, strengthening the intersection of safety, automation, and the noteworthy advancements in the industry 4.0 landscape.

Keywords: NR12. Sensors. Automation.

¹Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de Vassouras.

²Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de Vassouras.

³Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de Vassouras.

⁴Prof. Engenharia Elétrica, Universidade de Vassouras.

RESUMEN: Este estudio de caso examina la aplicación de interruptores eléctricos de Allen Bradley, con especial atención a los interruptores de bloqueo de seguridad 440G-MT, en reactores químicos industriales. El objetivo principal es evaluar la eficacia de estos sensores para garantizar el cumplimiento de normas de seguridad, como la NR12, y para integrar estas soluciones desde la perspectiva de la Industria 4.0 con el fin de mejorar la automatización industrial. La metodología incluyó la cuidadosa selección e instalación de los sensores, la verificación del cumplimiento con la NR12 y la recopilación de datos mediante observaciones y mediciones. Los resultados resaltan que los interruptores de bloqueo de seguridad desempeñan un papel crucial en la seguridad de los reactores, asegurando el cumplimiento normativo y contribuyendo significativamente a la eficiencia de los procesos de automatización industrial en la era de la Industria 4.0. Además de cumplir con los requisitos regulatorios, la implementación de estos sensores impulsa la innovación tecnológica, fortaleciendo la intersección entre la seguridad, la automatización y los avances significativos en la Industria 4.0.

Palabras clave: NR12. Sensores. Automatización.

INTRODUÇÃO

Na era da indústria moderna, onde a inovação é o que impulsiona o progresso, a busca incessante por eficiência e segurança molda o cenário. Dentro desse contexto, a automação, uma aliada da produtividade em grande escala, emerge como protagonista, transformando não apenas a forma como produziu-se, mas também como concebeu-se a segurança nos ambientes industriais.

3816

Com base nesses elementos, este artigo visa explorar a convergência entre a norma NR12, que reflete o compromisso com a segurança em máquinas industriais, e as chaves de intertravamento da Allen Bradley, notáveis por sua eficácia na integração entre automação e proteção. Especificamente, destacamos as características das chaves de travamento de proteção 440G-MT, evidenciando não apenas a conformidade normativa, mas também a sinergia entre inovação tecnológica e segurança operacional. (Página de descrição técnica do produto, ROCKWELL, 2023)

Num contexto permeado pela crescente presença da Indústria 4.0, este artigo busca demonstrar como a precisão dos sensores se entrelaça com a imperativa necessidade de garantir ambientes de trabalho seguros, colocando em destaque a valoração da vida humana. O objetivo principal é explorar não apenas máquinas e regulamentos, mas também narrativas transformadoras, onde a automação, respaldada por sensores avançados, não apenas moderniza processos, mas redefine a história da segurança e eficiência em um mundo industrial em constante evolução.

Este estudo adota uma abordagem em duas fases: uma revisão teórica e uma aplicação prática na indústria química de produtos capilares. Inicialmente, aprofundamo-nos na revisão da literatura, explorando as características técnicas das chaves de travamento de proteção 440G-MT da Allen Bradley. Esta análise teórica proporciona uma compreensão abrangente de como esses sensores operam, especialmente em reatores químicos, estabelecendo uma base sólida para a segunda fase.

Na aplicação prática, selecionaram-se reatores químicos específicos na indústria de produtos capilares para a implementação dos sensores. Esta fase inclui a cuidadosa seleção dos pontos de instalação, a configuração do sistema de controle, a verificação da conformidade com a NR12 e a coleta de dados durante operações normais. O foco é assegurar o bloqueio eficaz da boca de visita durante operações críticas, prevenindo riscos para os operadores relacionados a fluidos perigosos.

A abordagem em duas fases visa validar tanto a eficácia prática dos sensores no ambiente industrial real quanto a compreensão abrangente de seu potencial impacto na segurança operacional em reatores químicos específicos na indústria capilar. Este estudo contribui para a aplicação efetiva de tecnologias de segurança, promovendo ambientes industriais mais seguros e eficientes.

NORMA REGULAMENTADORA NÚMERO 12

A Norma Regulamentadora 12 (NR12) foi criada pelo Ministério do Trabalho e Previdência em 8 de junho de 1978. No entanto, ao longo do tempo, ela foi se adaptando às mudanças e ao avanço da indústria brasileira. A última atualização foi feita por meio do Decreto nº 916, em 30 de julho de 2019. Essas mudanças refletem o compromisso constante em manter as diretrizes alinhadas com as transformações e necessidades da indústria, garantindo sempre a segurança e bem-estar dos trabalhadores. (Página do Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria SEPRT nº 916, de 30/07/2019, DOU 31/07/2019)

De acordo com ABNT NBR ISO 12100:2013, a NR12 fundamenta-se em princípios internacionais, como a ISO 12100, incorporando diretrizes específicas para assegurar a eliminação ou redução de riscos associados a máquinas e processos. Sob essa perspectiva, a norma não apenas delinea parâmetros técnicos, mas também estabelece a responsabilidade do empregador em implementar medidas que neutralizem ou minimizem os riscos existentes, corroborando com a máxima preconizada por Mazzucato (2014), "prevenir é mais eficaz que remediar."

CHAVES DE INTERTRAVAMENTO DE PROTEÇÃO

As chaves de intertravamento de proteção, como a Allen Bradley 440G-MT, operam com base em princípios essenciais de segurança e automação industrial. Estas chaves são projetadas para garantir a integridade do processo produtivo e a segurança dos trabalhadores, especialmente em ambientes com máquinas e equipamentos complexos. (Manual de Instruções, ROCKWELL, 2021)

O princípio de funcionamento da chave de intertravamento de proteção envolve a interação entre o dispositivo de controle (a chave) e o equipamento que está sendo monitorado. Na 440G-MT, quando o processo está em operação normal, a chave permanece em uma posição que permite o funcionamento normal do equipamento. No entanto, quando ocorre uma situação de risco, como a abertura indevida de uma tampa de um reator químico, a chave é acionada.

A 440G-MT utiliza um mecanismo de travamento que impede a abertura não autorizada de dispositivos críticos. Uma vez acionada, a chave envia um sinal para o sistema de controle, interrompendo imediatamente o processo e garantindo que o equipamento esteja seguro. Essa ação de intertravamento é crucial para atender às normas de segurança, como a NR12, que exigem a neutralização rápida de riscos. (Manual de Instruções, ROCKWELL, 2021)

Além disso, a Allen Bradley 440G-MT é projetada para ser robusta e confiável, suportando ambientes industriais desafiadores. A integração dessas chaves de intertravamento de proteção não apenas cumpre regulamentações, mas também contribui para a eficiência operacional e a segurança dos trabalhadores, destacando-se como uma peça fundamental na engrenagem da automação industrial moderna.

3818

CIRCUITO DE COMANDO UTILIZANDO RELÉ DE NR12

O circuito de comando associado à chave de intertravamento 440G-MT desempenha um papel central na operação segura e eficiente dos reatores químicos. Esse circuito é meticulosamente projetado para atender aos rigorosos padrões da NR12, proporcionando uma camada adicional de proteção através do uso estratégico de um relé de segurança. A integração cuidadosa entre a chave de intertravamento, o relé de segurança e os dispositivos de comando é essencial para assegurar a segurança do operador e a integridade dos processos.

No funcionamento regular, o circuito é ativado por meio de uma botoeira, energizando a solenoide de travamento da chave. Isso indica de forma segura o fechamento da boca de visita do reator, permitindo o avanço das etapas programadas. O relé de segurança, atuando como um guardião vital, desempenhando um papel crítico nesse processo, como abordado por MAMEDE

FILHO (2020, p.267) no que diz respeito ao uso de relés digitais que efetuam cálculos necessários e determinam a correta atuação da proteção do sistema em que está inserido.

No entanto, em casos onde a boca de visita não está devidamente fechada, o relé age prontamente para interromper o circuito. Simultaneamente, um alerta visual é gerado na Interface Homem-Máquina (IHM), notificando os operadores sobre a irregularidade. Essa resposta rápida e automática é crucial para prevenir situações de risco, garantindo a segurança operacional e a conformidade contínua com as normas regulatórias, em especial a NR12, essa ação do relé e a mensagem no IHM foi percebida por mim (CALHEIRO, T) durante o estudo de caso desse artigo.

Essa abordagem integrada do circuito de comando, combinada ao emprego estratégico do relé de segurança, não apenas atende aos requisitos normativos, mas também estabelece uma infraestrutura robusta para operações seguras e eficientes em ambientes industriais. O circuito exemplifica uma resposta ágil a potenciais perigos, consolidando a importância da integração entre automação, segurança e normativas específicas da indústria. Inclusive, MAMEDE FILHO (2020, p.267) reforça que a automação dos sistemas de potência só foi possível graças ao uso dos relés digitais, dispositivos primordiais para um ambiente seguro na Indústria 4.0.

RISCOS DOS REATORES DA INDÚSTRIA QUÍMICA

Os reatores químicos em indústrias de cuidados capilares apresentam uma gama de riscos inerentes devido à natureza dos processos envolvidos. Esses riscos podem impactar tanto a segurança dos trabalhadores quanto a integridade dos processos produtivos. De acordo com CROWL, DANIEL A. (2015), em seu livro *Segurança de Processos Químicos*, pode-se destacar alguns dos principais riscos que incluem:

Exposição a Substâncias Químicas Nocivas (Toxicologia):

A manipulação de ingredientes químicos utilizados na produção de produtos capilares pode expor os trabalhadores a substâncias nocivas. Essa exposição pode ter efeitos adversos na saúde, desde irritações cutâneas até efeitos mais graves em caso de inalação ou contato prolongado. (BUNN, GERMANO PAULO, Monografia de Especialização sobre O Contexto Da Segurança Do Trabalho Nas Boas Práticas De Fabricação: Estudo De Caso Em Uma Indústria De Cosméticos, 2017)

Reações Químicas Não Controladas:

A ocorrência de reações químicas não controladas nos reatores representa um risco significativo. Variações na temperatura, pressão ou composição dos ingredientes podem desencadear reações inesperadas, levando a vazamentos, explosões ou outros incidentes. (BUNN, GERMANO PAULO, Monografia de Especialização sobre O Contexto Da Segurança Do Trabalho Nas Boas Práticas De Fabricação: Estudo De Caso Em Uma Indústria De Cosméticos, 2017)

Exigências de Segurança em Altas Temperaturas e Pressões:

Alguns processos em reatores químicos podem demandar altas temperaturas e pressões. O manuseio inadequado dessas condições pode resultar em situações perigosas, com potencial de danos físicos e materiais. (BUNN, GERMANO PAULO, Monografia de Especialização sobre O Contexto Da Segurança Do Trabalho Nas Boas Práticas De Fabricação: Estudo De Caso Em Uma Indústria De Cosméticos, 2017)

Riscos de Contaminação e Combustão:

A presença de ingredientes inflamáveis e a formação de misturas combustíveis aumentam o risco de incêndios e explosões. A contaminação cruzada de produtos químicos também pode comprometer a qualidade dos produtos finais.

Para mitigar esses riscos, é essencial implementar medidas de segurança adequadas, como a utilização de sensores de intertravamento, equipamentos de proteção individual (EPIs), treinamento adequado para os trabalhadores e a aderência estrita às normas de segurança, incluindo a NR12. A aplicação dessas práticas contribui não apenas para a segurança dos trabalhadores, mas também para a continuidade segura e eficiente dos processos industriais, como reforça CROWL DANIEL, A. (2015. p.555).

RESULTADOS

Esse estudo foi feito com base em uma planta industrial de cuidados capilares, a saber da produção de shampoos, condicionadores, máscaras capilares e cremes de tratamento. Na área de fabricação há um total de 20 reatores, entre tanques de produção e estocagem de produto acabado, em todos os reatores há a chave de intertravamento 440G-MT, que é acionado a partir de uma botoeira que energiza a solenoide de travamento do sensor.

Com o feedback de fechado, o sistema de comando entende que pode liberar a realização de algumas etapas como mistura, limpeza, liberação de fluidos e outras mais que podem colocar em risco a integridade e segurança humana. E, quando não acionado, o sistema de comando não permite o andamento de algumas receitas que incluem as etapas supracitadas, emitindo um alerta visual na tela (IHM), mostrando que o sensor não detectou a boca de visita do reator como fechada, logo há um risco de segurança que, enquanto não for mitigado, não haverá liberação para dar continuidade ao processo.

A Figura 1, mostra a chave solenoide de intertravamento da Allen Bradley, modelo 440G-MT usada nos reatores químicos para atender a NR12.

Figura 1. Chave solenoide de travamento de proteção 440G-MT



Fonte: Autor, 17 de outubro de 2023.

A Figura 2, mostra a aplicação dessa chave em reatores químicos, nota-se na foto a presença de 3 reatores com uma chave solenoide de intertravamento Allen Bradley 440G-MT em cada um deles.



Figura 2. Do autor, 13 de outubro de 2023.

A Tabela 1, representa os dados levantados no período de 500 acionamentos realizados da chave solenoide de intertravamento 440G-MT para estar em conformidade com a NR12.

Tabela 1. Resultados medidos em 500 acionamentos da chave em conformidade com a NR12

RESULTADOS	VALORES
CONFORMIDADE COM A NR12	
TAXA DE CONFORMIDADE COM NR12	100%
NÚMERO DE ATIVAÇÕES BEM-SUCEDIDAS	500
EFICIÊNCIA NA ATIVAÇÃO DOS SENSORES	99%
DESEMPENHO NA SEGURANÇA DOS REATORES	
REDUÇÃO PERCENTUAL DE INCIDENTES DE SEGURANÇA EM RELAÇÃO A NR12	100%
TEMPO MÉDIO DE RESPOSTA DOS SENSORES	0,3s
NÚMERO DE INTERRUPÇÕES NÃO PLANEJADAS EVITADAS	123
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E INTERSEÇÃO COM A INDÚSTRIA 4.0	
INTEGRAÇÃO DE DADOS EM TEMPO REAL	SIM
EFETIVIDADE DO SISTEMA EM DECISÕES AUTOMATIZADAS	94%
LIMITAÇÕES E CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES	
LIMITAÇÕES TÉCNICAS IDENTIFICADAS	Nenhuma Identificada
FATORES EXTERNOS QUE AFETARAM OS RESULTADOS	Quedas de luz: requer um reset do sensor para condição de fechado
NECESSIDADE DE AJUSTES FUTUROS NO SISTEMA	Avaliação contínua

3822

Fonte: Autor, 24 de outubro de 2023.

DISCUSSÃO

A análise dos resultados revela um panorama positivo da implementação dos sensores de intertravamento 440G-MT em reatores químicos de uma planta industrial de cuidados capilares. Destacam-se alguns pontos cruciais para a discussão:

Conformidade e Segurança

Os resultados indicam uma conformidade excepcional com a NR12, atingindo 100%. A eficácia na ativação dos sensores, evidenciada pela taxa de 99%, reforça a segurança operacional. A redução significativa (100%) nos incidentes de segurança relacionados a NR12 e a rápida resposta dos sensores (0,3 segundos) demonstram o impacto positivo na proteção dos trabalhadores e na integridade dos reatores.

Inovação e Interseção com a Indústria 4.0:

A integração de dados em tempo real sinaliza uma abordagem inovadora e alinhada à Indústria 4.0. A efetividade do sistema em decisões automatizadas (94%) ressalta a promissora interseção entre tecnologia, automação e tomada de decisões eficientes.

Limitações e Considerações Importantes:

A ausência de limitações técnicas relevantes e a mínima interferência de fatores externos são encorajadoras. A necessidade de avaliação contínua ressalta a importância da adaptação contínua, especialmente diante da implementação de tecnologias emergentes como o aprendizado de máquina.

Em resumo, os resultados deste estudo de caso indicam que a utilização dos sensores de intertravamento 440G-MT não apenas assegura a conformidade normativa e a segurança, mas também impulsiona a eficiência operacional, inovação tecnológica e alinhamento com os princípios da Indústria 4.0. Essa discussão fornece insights valiosos para a comunidade industrial que busca aprimorar seus processos por meio da automação e integração de tecnologias avançadas, sempre levando em conta a segurança das pessoas que ali estão.

CONCLUSÃO

Em conclusão, a implementação dos sensores de intertravamento 440G-MT em reatores químicos demonstrou ser um passo significativo para assegurar a conformidade normativa, aprimorar a segurança operacional e impulsionar a eficiência global dos processos. Os resultados positivos nas áreas de eficiência operacional, automação, inovação tecnológica e benefícios econômicos reforçam a importância desses dispositivos na interseção entre segurança industrial e avanços tecnológicos, alinhando-se aos princípios da Indústria 4.0. A minimização de incidentes, a rápida resposta dos sensores e os ganhos substanciais em eficiência destacam o impacto positivo dessas soluções na operação diária da planta. Este estudo oferece uma perspectiva promissora para a indústria, indicando que a adoção estratégica de tecnologias como os sensores 440G-MT não apenas atende aos requisitos normativos, mas também impulsiona a inovação e a

excelência operacional, promovendo assim um ambiente industrial mais seguro, eficiente e alinhado com as demandas da era moderna.

REFERÊNCIAS

ALVES, Luiz Ferreira. Trabalho de Conclusão de Curso – Aplicação da norma NR 12 para circuitos de segurança utilizando controladores lógicos programáveis e atuadores pneumáticos. São Carlos/SP. 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Normas Regulamentadoras.

Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf> Acesso em: 09 nov. 2023.

CORRÊA, M. U. Sistematização e Aplicações da NR-12 na Segurança em Máquinas e Equipamentos. 2011. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2011.

CROWL, DANIEL A. Segurança de processos químicos – fundamentos e aplicações / Daniel A. Crowl, Joseph F. Louvar ; tradução e revisão técnica Bruno de Almeida Barbabela, Carlos André Vaz Junior. - 3. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2015.

MAMEDE FILHO, JOÃO Proteção de sistemas elétricos de potência / João Mamede Filho, Daniel Ribeiro Mamede. - 2. ed. - Rio de Janeiro : LTC | Livros Técnicos e Científicos Ltda., 2020.

Rockwell Automation. 440G-MT Solenoid. Disponível em: <https://www.rockwellautomation.com/pt-br/products/hardware/allen-bradley/safety-products/safety-sensors/safety-interlock-switches/guard-locking-switches/440g-mt-solenoid.html#specifications>. Acesso em: 01 nov. 2023

Rockwell Automation. (s.d.). Guard Locking Switches 440G-MT Solenoid. Disponível em: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/440g-in001_-en-p.pdf Acesso: 01 nov. 2023

VILELA, R. A. G.; NOBRE JÚNIOR, H. B.; JACKSON FILHO, J. M.; ALMEIDA, I. M. Ameaças à proteção do trabalho: o caso da segurança em máquinas e equipamentos. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, São Paulo, v. 40, n.132, p. 113-117, dez. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0303-7657ED0113215>

BUNN, GERMANO PAULO, Monografia de Especialização sobre O Contexto Da Segurança Do Trabalho Nas Boas Práticas De Fabricação: Estudo De Caso Em Uma Indústria De Cosméticos, 2017.