

Solutions éprouvées issues de l'automatisation

Hydrogène : sécurité de la production jusqu'à l'utilisation

Ostfildern, le 21 mai 2025 – **En tant que source d'énergie, l'hydrogène présente un énorme potentiel en matière de lutte contre le réchauffement climatique à l'échelle mondiale et joue un rôle clé dans la réalisation des objectifs climatiques. La fabrication, le transport, le stockage ainsi que l'utilisation de l'hydrogène comportent néanmoins des risques, car ce gaz est incolore et inodore, tout en étant extrêmement inflammable. C'est pourquoi les solutions de sécurité complètes de Pilz offrent une protection pour l'ensemble de sa chaîne de valeur. Elles garantissent une surveillance dynamique en toute sécurité des valeurs et du bon déroulement des process, et contribuent à rendre l'hydrogène non seulement propre, mais aussi sécurisé et fiable en matière de cybersécurité.**

Les possibilités d'utilisation de l'hydrogène sont multiples : appelé « hydrogène vert » lorsqu'il est produit de manière écologique, il joue un rôle important dans les usines particulièrement énergivores, notamment dans l'industrie chimique ou la fabrication d'acier, car il peut contribuer à réduire les émissions de CO₂ en remplaçant les carburants fossiles. Par ailleurs, il peut être stocké pour être plus tard reconverti en électricité ou utilisé en tant que carburant pour les véhicules à pile à combustible en fonction des besoins. L'hydrogène représente à cet égard à la fois des opportunités et des risques. Il est facilement inflammable et hautement explosif lorsqu'il se trouve

mélangé à l'air, même en quantités infimes – une inflammation peut se produire avec une concentration d'hydrogène dans l'air de 4 % seulement. L'air et l'hydrogène ne doivent donc pas entrer en contact de manière incontrôlée afin d'éviter tout risque d'inflammation provoquée par une étincelle ou la chaleur. Tant la production que la manipulation et l'utilisation en toute sécurité requièrent des systèmes de sécurité adéquats.

Exigences imposées aux techniques de sécurité relatives à l'hydrogène

L'étanchéité au gaz, la robustesse des équipements d'isolement ainsi que la résistance à la pression et l'étanchéité des conduites, des capteurs et des électrovannes revêtent une signification particulière dans l'industrie de l'hydrogène. En effet, une fuite de gaz, une pression trop élevée ou une électrovanne non étanche, par exemple, peuvent avoir de lourdes conséquences pour les individus, les installations et l'environnement. C'est pourquoi les questions de sécurité sont souvent résolues en tenant compte des propriétés spécifiques des matériaux et des dimensionnements mécaniques : par exemple, plus les électrovannes d'arrêt sont robustes, plus elles sont sécurisées dans leur utilisation. Enfin, l'approvisionnement en hydrogène de véhicules ou de trains nécessite des pressions de process très élevées.

La majeure partie de l'hydrogène est stockée sous forme gazeuse à haute pression, entre 200 et 900 bars. On augmente ainsi la densité énergétique par mètre cube. L'hydrogène sous forme gazeuse est très volatil. Étant l'un des éléments les plus légers, il se propage rapidement vers le haut et se mélange à l'air. Cela peut poser problème lorsque l'hydrogène s'accumule dans des structures ou des

bâtiments fermés, car le risque d'inflammation ou d'explosion s'accroît. L'hydrogène est en effet hautement inflammable : de petites étincelles ou sources de chaleur peuvent suffire à provoquer une explosion. Par conséquent, même la plus petite fuite au niveau des conduites d'hydrogène, des électrovannes, des raccords et des réservoirs constitue un risque sérieux. De plus, l'hydrogène est un gaz incolore et inodore. Les incendies causés par l'hydrogène sont donc souvent difficiles à localiser et à maîtriser.

Il est avantageux de ne pas limiter la sécurité exclusivement à un examen statique de l'état. Des principes de sécurité éprouvés et disponibles dans le domaine de l'automatisation et de la sécurité fonctionnelle peuvent s'appliquer à l'industrie de l'hydrogène. Ces solutions permettent de toujours considérer la sécurité comme une fonction de surveillance globale des composants et de leur interaction fonctionnelle au sein de la chaîne de processus. En plus des propriétés de sécurité statiques des composants, des solutions d'automatismes de sécurité éprouvées peuvent, par exemple, assurer la surveillance dynamique de la pression et de la température, mais aussi garantir le respect des limites de charge des structures en aval. Les systèmes de commande de Pilz détectent les fuites de gaz en toute fiabilité grâce à une analyse des détecteurs de gaz et surveillent en toute sécurité la température, la pression, le niveau de remplissage, la tension, le courant, mais aussi l'arrêt d'urgence. Ils détectent des défauts en quelques millisecondes et déclenchent des réactions de sécurité prédéfinies qui protègent aussi bien les personnes que les installations.

Production en toute sécurité : électrolyse et vaporeformage

La production d'hydrogène peut s'effectuer selon différentes méthodes. L'électrolyse consiste à décomposer les molécules d'eau sous l'effet d'un courant électrique et à produire de l'oxygène et de l'hydrogène sous forme gazeuse. Les diverses méthodes d'électrolyse requièrent des considérations techniques différentes en matière de sécurité. Certaines de ces méthodes nécessitent des pressions et des températures élevées qui doivent être surveillées et régulées afin de prévenir les accidents. Dans le cas de l'électrolyse PEM, la décharge de l'électrovanne haute pression est notamment un mécanisme de sécurité essentiel qui provoque l'ouverture automatique de l'électrovanne pour permettre à l'excès d'hydrogène de s'échapper. Le micro automate configurable de sécurité PNOZmulti 2 de Pilz a fait ses preuves dans une multitude de secteurs d'activités pour la surveillance des fonctions de sécurité, telles que la pression gazeuse. En effet, sa haute précision pour la mesure des valeurs techniques dont dépend l'enclenchement des mesures de sécurité améliore l'efficacité et la sécurité des éléments d'installation.

Outre la pression, d'autres fonctions de sécurité nécessaires au procédé de fabrication de l'hydrogène peuvent être surveillées avec grande précision, notamment la température, le niveau de remplissage ou encore la détection des gaz ou des fuites. Dans le cas des électrolyseurs, le PNOZmulti 2 surveille également la tension et le courant du redresseur. Ce détail est important, car des fluctuations ou une tension excessive peuvent notamment conduire à l'usure prématurée des piles à combustible.

Le vaporeformage constitue un autre procédé utilisé pour la fabrication d'hydrogène à partir de sources d'énergie contenant du carbone et de l'eau. Il s'agit de faire réagir un combustible tel que le

gaz naturel ou le méthanol à la vapeur d'eau à des températures et des pressions élevées, ce qui engendre de l'hydrogène et du dioxyde de carbone. Ce procédé nécessite des températures élevées qui sont atteintes au moyen de brûleurs. La norme « ISO 16110-1:2007 Générateurs d'hydrogène faisant appel aux technologies du traitement du carburant – Partie 1 : Sécurité » décrit les principaux risques (CEM, aspects électriques et liés aux hautes pressions, prévention des explosions, etc.) en matière de sécurité de la production d'hydrogène à partir de carburants fossiles. Le micro automate configurable PNOZmulti 2 Burner et le système d'automatismes PSS 4000 peuvent non seulement surveiller en toute sécurité la température et la pression, mais aussi prendre en charge la commande de sécurité et la surveillance des techniques de chauffe.

Stockage et transport efficaces et sécurisés

Une fois produit, l'hydrogène peut être stocké et transporté de différentes manières, en fonction des méthodes de fabrication, de la distance et des besoins des utilisateurs finaux. Sous forme comprimée, la source d'énergie peut être transportée notamment par voie ferroviaire, maritime ou routière. Pour assurer l'efficacité et la sécurité d'un tel transport, l'hydrogène doit d'abord être stocké, par exemple par stockage hyperbare. Pour ce faire, il est fortement comprimé et placé dans des réservoirs à haute pression spéciaux. Comme il s'agit d'un gaz très léger et volatil, une surveillance de la pression est requise pour un stockage efficace. Il est par ailleurs essentiel de mettre en œuvre des mesures de sécurité particulières, car une pression trop faible ou trop élevée peut avoir des conséquences sérieuses.

Une doublure conçue pour l'hydrogène doit être appliquée sur les réservoirs. Elle couvre leur surface interne et permet de contenir le gaz en évitant les pertes. La différence de pression entre les couches interne et externe varie considérablement, notamment lors du remplissage du réservoir, du prélèvement de l'hydrogène ou en cas de variations de température. Lorsqu'ils se répètent, ces changements rapides de pression peuvent entraîner des tensions dans le matériau composite du réservoir. Il en résulte une délamination du matériau (les différentes couches du matériau se détachent les unes des autres), une durée de vie réduite du réservoir sous pression ainsi que des fuites et, dans le pire des cas, des explosions. Pour protéger les réservoirs d'hydrogène et surtout les personnes se trouvant à proximité des points de transfert, il convient d'appliquer des mesures de sécurité particulières lors du remplissage et de la purge des réservoirs.

Le micro automate configurable de sécurité PNOZmulti 2 éprouvé de Pilz surveille les processus de transfert en toute fiabilité grâce au traitement des valeurs analogiques avec sécurité intégrée, et arrête immédiatement un processus en cas de dysfonctionnement. À Bremerhaven, en Allemagne, GP JOULE mise sur les solutions de sécurité de Pilz. Cette entreprise spécialisée dans l'énergie y transforme l'électricité excédentaire en hydrogène neutre en CO₂, le stocke dans des réservoirs sur des camions-remorques spéciaux et fournit ainsi le gaz facilement inflammable aux stations de ravitaillement en hydrogène de la zone urbaine. C'est là que les véhicules de Bremerhaven Bus, entre autres, font le plein d'énergie verte. Le chargement et le déchargement des conteneurs de transport mobiles à haute pression s'effectuent avec la même facilité, la même rapidité et surtout la même sécurité à tous les points de transfert.

Haut niveau de sécurité

Surveillance de la pression et de la température, ainsi que de la vitesse de remplissage et de vidage : les fabricants de réservoirs d'hydrogène indiquent des valeurs seuils pour le remplissage et le vidage. En effet, le respect de ces valeurs lors de tous les états de fonctionnement est le rôle de l'électrovanne de réglage de la pression et de la fonction de commande et de surveillance du distributeur (unité servant à l'alimentation en hydrogène). C'est une tâche importante, car cette source d'hydrogène est également responsable de la sécurité des systèmes de stockage dans lesquels l'hydrogène est injecté (exemple : dans un véhicule). Ces systèmes de stockage ne contiennent aucune vanne d'arrêt commandée de manière électrique qui pourrait limiter activement la pression ou le débit, ce qui complique l'échange de données de sécurité entre la source d'hydrogène et le système de stockage. La présence d'un système de commande de sécurité au niveau de la source d'hydrogène protège les deux éléments et ainsi tout le processus de remplissage ou de vidage.

La surveillance de la rampe de pression (surveillance des gradients) permet de contrôler les valeurs de process variables et de détecter rapidement les anomalies ou les erreurs. Grâce au traitement des valeurs analogiques avec sécurité intégrée, le micro automate configurable de sécurité PNOZmulti 2 surveille le respect des paramètres pertinents ou des valeurs seuils critiques lors des changements de pression, de température, ainsi que de la vitesse de chargement et de déchargement de l'hydrogène. Le système comprend l'appareil de base PNOZ m B1 équipé de plusieurs modules d'entrées à valeurs analogiques qui garantissent la haute

résolution requise avec une faible marge d'erreur théorique et un module de sorties relais pour la commande des électrovannes de sécurité. Par ailleurs, des interfaces de bus de terrain peuvent être étendues pour faciliter l'échange de données de diagnostic avec la commande des process. Le bloc inclus dans le logiciel PNOZmulti Configurator « surveillance de sécurité de rampe » surveille la pression au regard de la valeur limite d'un réservoir de stockage donné en toute fiabilité. Si une valeur se retrouve au-dessus ou en dessous du seuil, le micro automate configurable de sécurité PNOZmulti 2 déclenche une réaction nécessaire, par exemple la fermeture d'une électrovanne ou la réduction de la puissance d'un compresseur. Une entrée analogique du PNOZmulti 2 atteint une précision technique de sécurité de 1 %. Si par exemple, une plage de pressions de 0 à 1 000 bars doit être surveillée, la marge d'erreur à 1 000 bars n'est que de 10 bars. En comparaison, si la marge d'erreur était par exemple de 50 bars, la précision technique de sécurité d'une entrée analogique de sécurité serait « seulement » de 5 %. Cela permet ainsi un réglage de valeurs limites précis avec une surveillance des valeurs seuils dynamique jusqu'au niveau d'intégrité de sécurité SIL 3 selon la norme CEI 62061.

Faire le plein en toute fiabilité à la station de ravitaillement en hydrogène

L'un des principaux domaines d'application de l'hydrogène est la propulsion de véhicules. Pour que l'hydrogène puisse être utilisé comme carburant dans des moteurs à combustion, une infrastructure adéquate est nécessaire. Ainsi, les stations de ravitaillement en hydrogène (HRS) sont cruciales pour le développement de la mobilité hydrogène. Une station de ravitaillement en hydrogène se compose

d'une zone de compression permettant la compression du gaz jusqu'à 1 000 bars, d'un système de refroidissement, de réservoirs de stockage à haute pression et d'une pompe de recharge. L'installation et la gestion d'une station de ravitaillement en hydrogène sont soumises à l'approbation des autorités locales et à la législation nationale ou régionale. Les fonctions de sécurité à prendre en compte au niveau d'une station de ravitaillement en hydrogène incluent la détection des fuites d'hydrogène, des flammes et de la fumée, ainsi que la surveillance de la température et de la pression. En France, le système d'automatismes PSS 4000 de Pilz assure la sécurité de la distribution d'hydrogène dans plus de 10 stations de ravitaillement publiques. Depuis 2023, Pilz France entretient une collaboration avec l'entreprise Hydrogen Refueling Solutions (HRS). Grâce à l'architecture décentralisée et aux entrées analogiques fail-safe décentralisées du PSS 4000, l'ensemble du système peut être configuré de façon modulaire et avec des chemins de câblage courts.

La sécurité fonctionnelle nécessite une cybersécurité industrielle

Avec la mise en réseau numérique et l'architecture décentralisée des installations et des systèmes dans l'industrie de l'hydrogène, la question de la cybersécurité industrielle est d'autant plus importante. Elle concerne la sécurité des réseaux de commande dans les installations de production et industrielles dans le cadre de l'automatisation des usines et de la commande des process. Pour empêcher tout accès non autorisé au réseau de commande, il est indispensable de détecter et de corriger à temps les failles potentielles. Prenons l'exemple d'un accès à distance permettant de

vérifier l'état du système d'un container pour la production d'hydrogène. S'il existe un risque que cette liaison permette la modification non autorisée de parties du système relatives à la sécurité, ces éléments doivent être particulièrement protégés, car ils garantissent la sécurité de l'exploitation. Les systèmes de gestion des accès et des autorisations tels que l'I.A.M. (Identification and Access Management) de Pilz vous soutiennent de l'authentification des utilisateurs à la gestion des accès, en passant par la sélection du mode de fonctionnement ou la sécurité des données et des réseaux.

La cybersécurité et la sécurité envisagées dans leur globalité

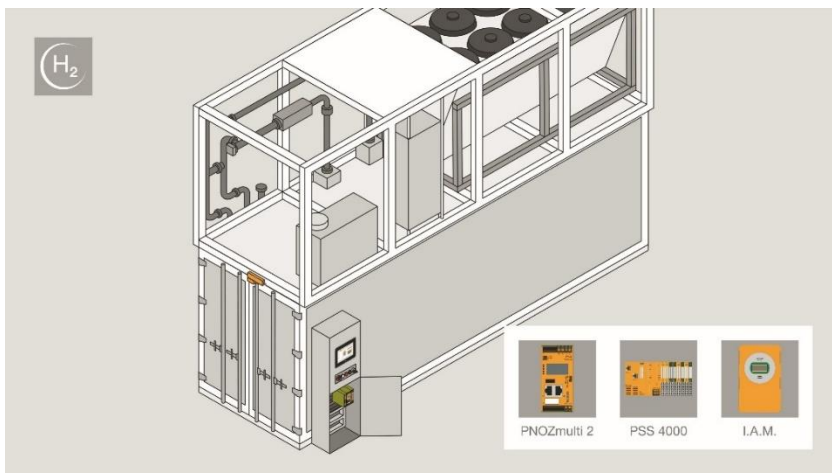
Les solutions d'automatismes peuvent compléter avantageusement les caractéristiques de sécurité mécaniques classiques de l'industrie de l'hydrogène. En effet, la sécurité fonctionnelle tient toujours compte de l'ensemble du cycle de vie des dispositifs de sécurité. Une approche systématique et fonctionnelle de la sécurité tout au long du processus protège les personnes, les installations et l'environnement, depuis la fabrication de la source d'énergie jusqu'à son utilisation dans la station de ravitaillement en hydrogène. Pilz est par ailleurs convaincu que seule une approche globale de la cybersécurité et de la sécurité garantit une protection complète. De fait, la cybersécurité préserve la disponibilité des installations et des machines en les protégeant contre les intrusions et les mauvaises utilisations.

((Caractères : 15 041))

Photos :



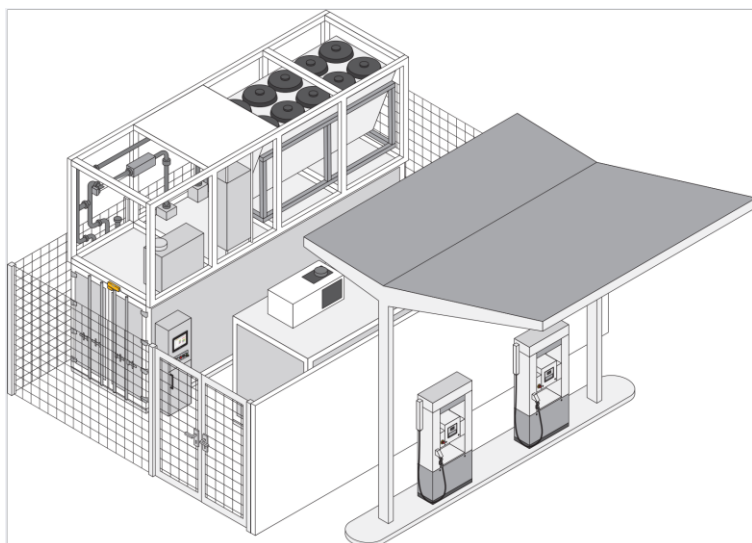
Légende : Dans un processus d'électrolyse, la sécurité fonctionnelle est réalisée par exemple en utilisant des entrées analogiques de sécurité du micro automate configurable de sécurité PNOZmulti 2 ou du système d'automatismes PSS 4000. Des systèmes de gestion des accès et des autorisations sont également disponibles pour empêcher toute fraude, quelle qu'elle soit. **Droits d'auteur :** © iStock.com/jeremyiswild, © Pilz GmbH & Co. KG



Légende : Électrolyseurs pour la production d'hydrogène – une surveillance qui garantit sécurité et cybersécurité grâce aux systèmes d'automatismes de Pilz **Droits d'auteur :** Pilz GmbH & Co. KG



Légende : Les fonctions de sécurité typiques dans une station de ravitaillement en hydrogène incluent la détection des fuites d'hydrogène, des flammes et de la fumée, ainsi que la surveillance de la température et de la pression. **Droits d'auteur :** © iStock.com/Scharfsinn86, © Pilz GmbH & Co. KG



Légende : La prévention des atmosphères explosives est un élément fondamental de la protection contre les explosions dans les stations de ravitaillement en hydrogène. Dans ce contexte, la détection précoce et la localisation rapide des fuites, ainsi que la mise en œuvre de mesures appropriées, sont déterminantes.

Droits d'auteur : Pilz GmbH & Co. KG

Pilz – The Spirit of Safety

Pilz est un fournisseur mondial de produits, de systèmes et de prestations de services pour les techniques d'automatismes. En tant que pionnier des automatismes de sécurité, Pilz fournit la sécurité pour les personnes, les machines et l'environnement. Fondée en 1948, l'entreprise familiale dont le siège social se trouve à Ostfildern est aujourd'hui représentée dans le monde entier et compte 2 500 collaboratrices et collaborateurs répartis dans 42 filiales et succursales.

Le leader technologique propose des solutions complètes pour les automatismes concernant la sécurité et la cybersécurité industrielle des machines. Celles-ci intègrent les capteurs ainsi que les systèmes de contrôle-commande et le Motion Control – y compris les systèmes pour la communication industrielle, le diagnostic et la visualisation. Une offre internationale de prestations de services, comprenant les conseils, l'ingénierie et les formations, complète la gamme. Au-delà de la construction de machines et d'installations, les solutions de Pilz sont utilisées dans de nombreux secteurs d'activités, comme l'intralogistique, l'emballage et le ferroviaire ou dans le domaine de la robotique.

www.pilz.com

Pilz sur les réseaux sociaux :

Sur nos réseaux sociaux, nous fournissons des informations en arrière-plan concernant l'entreprise et les ressources humaines chez Pilz et communiquons sur les nouveautés à propos des techniques d'automatismes.

 www.pilz.com/facebook
 www.pilz.com/xing
 www.pilz.com/youtube
 www.pilz.com/linkedin

Interlocuteurs pour la presse :

Martin Kurth

Presse
d'entreprise et
presse
spécialisée
Tél. :
+49 711 3409-
158
m.kurth@pilz.de

Sabine Karrer

Presse
spécialisée et
presse
d'entreprise
Tél. :
+49 711 3409-
7009
s.skaletz-
karrer@pilz.de

Jenny Skarman

Presse spécialisée
Tél. :
+49 711 3409-1067
j.skarman@pilz.de

Eva Gellner-Rößle

Presse spécialisée
Tél. : +49 711 3409-7147
e.roessle@pilz.de

Hansjörg Sperling- Wohlgemuth

Gestion des congrès
et des conférences
Tél. : +49 711 3409-
239
h.sperling@pilz.de