

SÉCURITÉ DES ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION

Des systèmes anti-retours optimisés

Les roues libres et les anti-retours jouent un rôle essentiel dans l'industrie lourde telles que les exploitations minières ou l'industrie sidérurgique, mais aussi dans la transformation des aliments et toutes les applications où les marchandises et matériaux sont déplacés par des équipements de convoyage. **Leur principale tâche consiste à empêcher tout recul et toute accélération non contrôlée du système en cas de défaillance de la transmission, suite à une coupure de courant par exemple. Directeur technique chez Stieber GmbH, le Dr. Torsten Kretschmer explique ce qu'implique la conception d'anti-retours et mentionne des aspects importants des règles de sécurité auxquelles il faut s'attendre à l'avenir.**

« Les anti-retours représentent un élément fondamental en matière de sécurité : ils permettent d'empêcher un changement non contrôlé de la direction et de la vitesse sous l'effet de la gravité. Un système de convoyeur à bande complètement chargé et bloqué peut imposer de très grands couples sur la transmission. Toutefois, avec le savoir-faire et une connaissance approfondie des conditions d'utilisation existantes, il est possible de concevoir des anti-retours compacts de manière économique tout en conservant la fiabilité de la transmission contre les surcharges. Les anti-retours devraient être davantage concernés quant aux aspects techniques liés à l'hygiène et sécurité au travail ainsi que la prévention des accidents.

Principes de conception

Afin de concevoir correctement l'anti-retour, l'ingénieur se doit de connaître les données de couple exactes auxquelles la ligne du convoyeur est soumise. En cas de doute, de nombreux clients et ingénieurs utilisent un facteur de sécurité plus élevé, même si, bien entendu, il serait souhaitable d'éviter un surdimensionnement et des coûts inutiles.

Les exploitants devraient donc confier la tâche de détermination des couples à des ingénieurs de conception expérimentés capables de les calculer avec une grande précision. Ces informations permettent ensuite au fabricant de roues libres, travaillant en collaboration avec le client, de coordonner précisément les données de performance des anti-retours aux couples attendus.

Dans l'idéal, l'anti-retour est conçu parallèlement à l'élément moteur car le moteur et le réducteur jouent un rôle essentiel pour ses paramètres de dimensionnement et de performance.

Les anti-retours peuvent être directement fixés sur le carter de la boîte de vitesses au niveau de l'arbre de transmission rapide ou montés à l'extérieur sur l'extrémité de l'arbre de transmission lente. Afin de rendre l'entretien plus facile – la transmission peut être démontée sans avoir à enlever le tapis roulant – certains utilisateurs préfèrent avoir une transmission

montée dans les coûts d'approvisionnement. S'il est possible de renoncer aux avantages liés à la maintenance, il est généralement recommandé de concevoir un anti-retour monté sur la transmission. Étant donné que la charge de couple est inférieure à celle d'un montage extérieur, normalement, il peut être de dimensions inférieures et disponible à un prix plus abordable.

Équilibrage de la charge et limitation du couple

Le nombre d'anti-retours et leur configuration dépendent en majeure partie de l'application. Sur des convoyeurs comportant plusieurs transmissions et avec un nombre correspondant d'anti-retours sans limitation du couple, on peut supposer que seul un faible équilibrage de la charge a lieu. Ceci est dû à l'engagement retardé des divers anti-retours (RS) du fait des tolérances dans les butées, des différents allongements du tapis roulant au niveau des butées, des différents états de frottement (taux d'efficacité) dans les tapis roulants, etc.

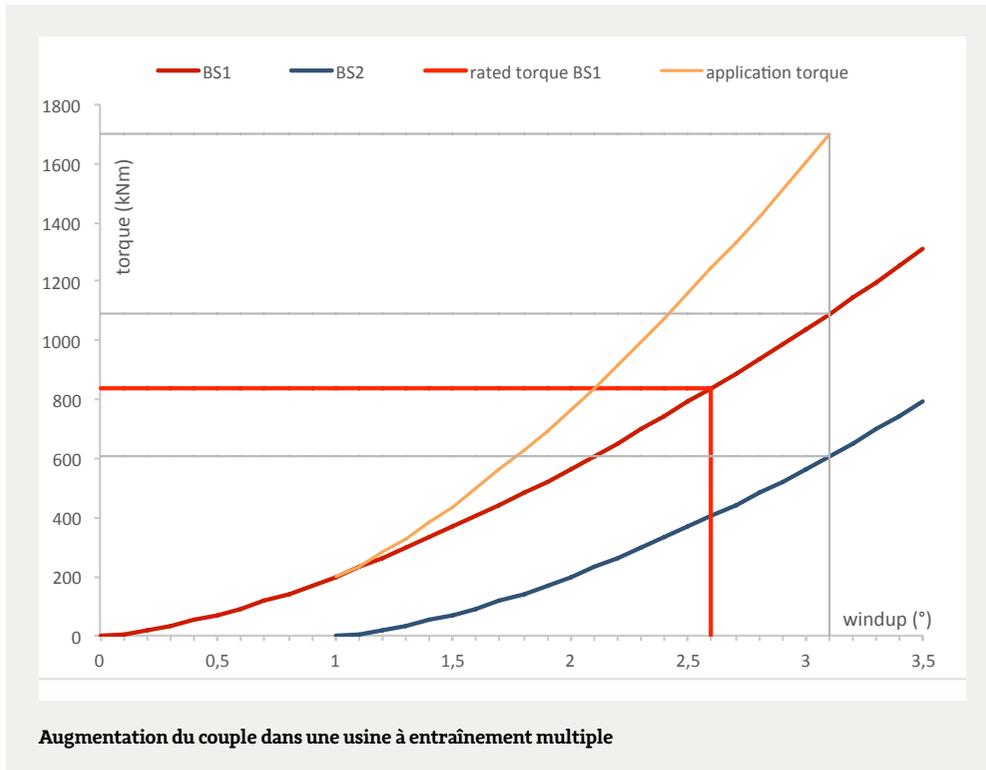
Le graphique 1 explique clairement cette situation. On peut voir que RS1 doit transmettre un couple bien plus grand que RS2 – dans un cas extrême, même l'intégralité du couple inverse. Dans la pratique, il en résulte des facteurs de sécurité pouvant atteindre 3 fois le couple de transmission. Dans cette situation, l'équilibrage de charge entre RS1 et RS2 n'a pas lieu. RS2 peut alors uniquement servir de sécurité supplémentaire. Toutefois, cela signifie également que RS2 doit être conçu avec le même facteur de sécurité que RS1. Il n'est pas difficile de voir que les deux RS s'avèrent être surdimensionnés.

“ Les exploitants devraient confier la tâche de détermination des couples à des ingénieurs de conception expérimentés capables de les calculer avec une grande précision.

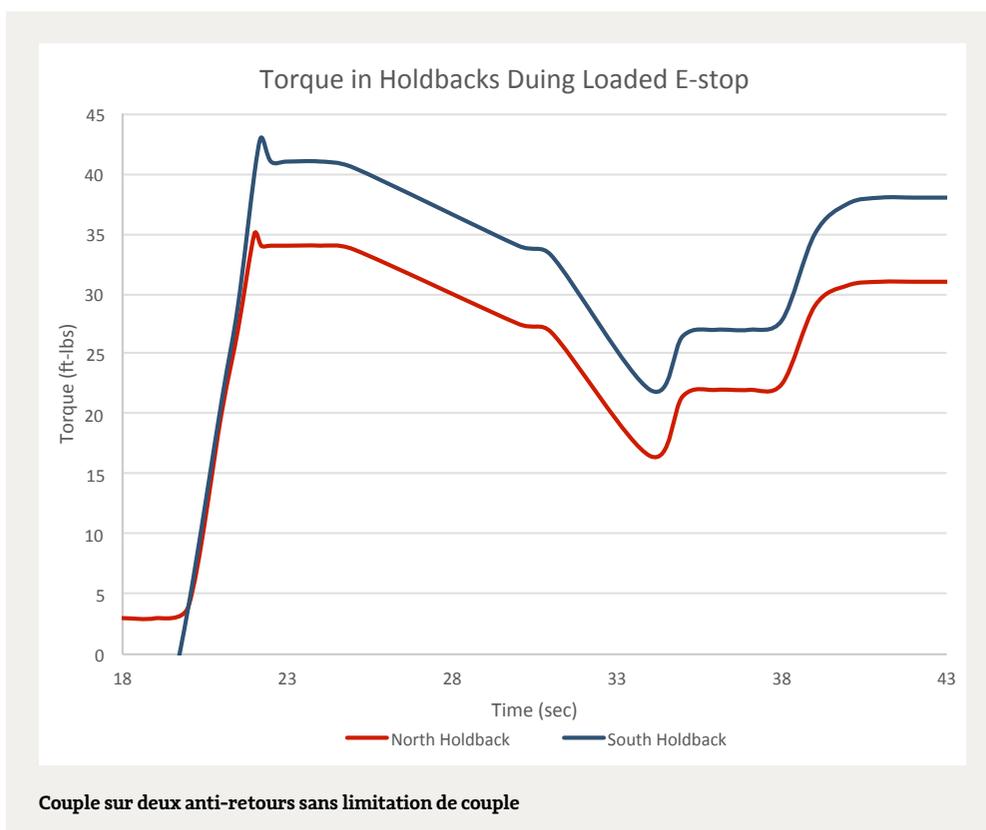
montée séparément de la ligne de convoyeur. Dans le cas présent, un anti-retour externe entre la ligne de convoyeur et la transmission constitue la meilleure solution qui soit.

Ici, le composant doit disposer d'une capacité de couple suffisamment élevée, ce qui se reflète dans la taille de construction et probable-

GRAPHIQUE 1



GRAPHIQUE 2



Le graphique 2 montre les résultats de mesure pour le couple sur deux anti-retours standard sans limitation de couple qui sont installés sur l'arbre. Les résultats montrent que l'un des deux anti-retours présente un couple 20 % plus élevé, avec les conséquences que cela comporte pour la conception.

L'équilibrage de charge peut être amélioré au moyen d'anti-retours avec limiteur de couple de manière à pouvoir concevoir des anti-retours plus petits sans pour autant réduire la sécurité. Deux configurations de conception sur des exemples réels de l'arbre de transmission lente et de l'arbre de transmission rapide peuvent être démontrées ci-dessous à cet effet.

Arbre de transmission lente

Application : convoyeur à bande terrestre avec anti-retours sans limiteur de couple sur l'arbre de transmission lente.

Sortie entraînement	3.200 kW
Facteur de sécurité (selon les exigences du client)	1,5
Vitesse du rouleau d'entraînement, tapis roulant	55tr/min
Couple de retour du tapis roulant chargé	53 kNm

Exigences du client : l'anti-retour doit surmonter la charge du couple après un démarrage annulé.

Capacité de couple de l'anti-retour

$$\geq \frac{3200 \text{ kW} \times 1,5 \times 9550}{55/\text{min}} = 833,5 \text{ kNm}$$

Le calcul pour les anti-retours avec limiteur de couple sur l'arbre de transmission lente est totalement différent. Dans ce cas, l'anti-retour est ajusté de manière à pouvoir transmettre en toute sécurité le couple de retour du tapis roulant chargé (facteur de sécurité : 1.3).

Couple de glissement de l'anti-retour

$$\geq 53 \text{ kNm} \times 1,3 = 68,9 \text{ kNm}$$

En cas de démarrage annulé, l'anti-retour glisse jusqu'à ce que la tension dans le tapis roulant soit relâchée.

Arbre de transmission rapide

Application : convoyeur incliné avec anti-retours sans limiteur de couple sur l'arbre de transmission rapide.

Sortie entraînement	950 kW
Facteur de sécurité (selon les exigences du client)	1,5
Vitesse du rouleau d'entraînement, tapis roulant	500 tr/min
Couple de retour du tapis roulant chargé	15 kNm

Capacité de couple de l'anti-retour

$$\geq \frac{950 \text{ kW} \times 1,5 \times 9550}{500/\text{min}} = 27.2 \text{ kNm}$$

Dans le cas présent, le client a choisi un anti-retour standard avec une capacité de couple maximale de 72 kNm, lequel a été endommagé durant un démarrage annulé avec un tapis roulant surchargé. Dans ce cas, même un facteur de sécurité plus élevé ou l'installation d'un anti-retour plus grand n'auraient été d'aucun secours, tout simplement parce que la transmission n'a pas été conçue dans ce but. De plus, un anti-retour avec une capacité de couple appropriée n'est plus adapté à la transmission en ce qui concerne la taille.

En revanche, un anti-retour avec limiteur de couple disposant d'un couple de glissement ajusté et d'une capacité de vitesse élevée en mode de glissement s'avère être une solution efficace.

Anti-retour avec limiteur de couple sur l'arbre de transmission rapide : l'anti-retour est ajusté de sorte à pouvoir transmettre en toute sécurité le couple de retour du tapis roulant chargé (facteur de sécurité : 1.3).

Couple de glissement de l'anti-retour

$\geq 15 \text{ kNm} \times 1.3 = 19.59 \text{ kNm}$

En cas de démarrage annulé, l'anti-retour glisse jusqu'à ce que la tension dans le tapis roulant soit relâchée.

Comme le montrent les exemples de conception, il est possible de spécifier des anti-retours avec limiteur de couple, qui peuvent maintenir

le couple antagoniste (facteur de sécurité 1,3), bien plus petits qu'un anti-retour conventionnel sans subir de dommages en cas d'un démarrage annulé. Stieber recommande un facteur de sécurité de 1,3 sur le couple antagoniste, si possible.

Anti-retours d'équilibrage de charge

Outre le couple antagoniste, la conception dépend grandement du facteur d'efficacité dans le système de convoyage et du couple de glissement dynamique de l'arrêt qui est réglé.

Débloqué contrôlé

Les moteurs électriques ne sont normalement pas conçus pour démarrer des tapis roulants en pleine charge. Sinon, ils devraient être extrêmement surdimensionnés et seraient inefficaces en fonctionnement normal. La prochaine étape après la réaction d'un anti-retour est par conséquent le déblocage contrôlé du tapis roulant. La durée nécessaire pour cette opération dépend grandement du type d'anti-retour installé. Dans l'idéal, un anti-retour devant être débloqué par un système mécanique ou hydraulique permet

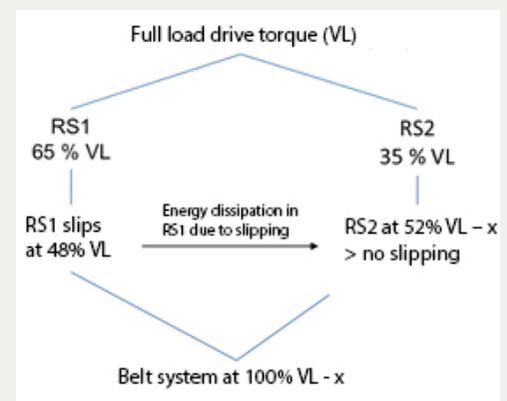
EXEMPLE 1

Partant du principe selon lequel :

- RS1 prend jusqu'à 65 % du couple d'entraînement à pleine charge (VL) et RS2 35 % du VL,
 - le couple de démarrage est respectivement réglé à 60 % du VL,
 - le couple de glissement dynamique est inférieur au couple statique ($\mu_{\text{dyn}} = 0,8 \mu_{\text{stat}}$),
- il en ressort la situation suivante : →

L'efficacité obtenue dans le système de tapis roulant (x) a essentiellement un effet positif ; c'est à dire qu'en dépit de sa valeur spécifique, l'ensemble du tapis roulant ne glissera pas.

Cet exemple démontre clairement que l'équilibrage de charge entre les deux anti-retours sur un arbre commun peut être optimisé au moyen de limiteurs de couple et que les composants peuvent probablement être plus petits. Toutefois, il convient en premier lieu d'effectuer un calcul rigoureux en se basant sur des données d'application exactes, comme cela est reconnu dans le deuxième exemple.



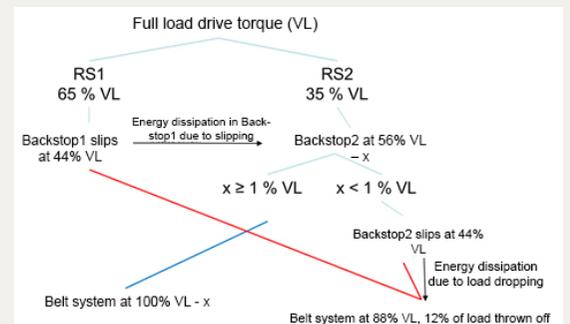
EXEMPLE 2

les hypothèses de départ sont les mêmes que dans l'exemple 1, à la différence que le couple de démarrages est réglé respectivement à 55 % du VL. En fonction de x (efficacité dans le système de tapis roulant), deux scénarios sont possibles : →

Comme cela a déjà été mentionné, l'efficacité du système de tapis roulant (x) a un effet positif sur la conception

de l'anti-retour. Plus la connaissance de l'efficacité x et des conditions de fonctionnement est précise, plus l'anti-retour peut être conçu de façon précise. Il est aussi possible de mettre en œuvre une taille de construction plus petite. Sauf indication contraire, si cette valeur est inconnue, Stieber recommande un facteur de sécurité de 1,3 sur le couple de retour du tapis roulant chargé.

Chaque application a bien entendu ses exigences propres, et les calculs nécessaires pour la conception des anti-retours devraient toujours être vérifiés avec soin par des experts ayant de l'expérience en ce qui concerne ces solutions. Pour autant qu'il y ait une expertise technique pertinente, il est possible de spécifier des solutions économiques à la fois sûres et fiables.



un déblocage contrôlé du tapis roulant. Dans les systèmes comportant plus d'un anti-retour, un déblocage simultané et progressif au moyen d'un système hydraulique central s'avère particulièrement efficace et pratique. Il permet de faire fonctionner le convoyeur en sens inverse de manière contrôlée et de le décharger rapidement.

Un exemple concret concerne le cas d'un convoyeur à charbon dans un port de chargement. Si le tapis roulant, équipé d'un anti-retour conventionnel, s'arrête suite à une coupure de courant, il faut le décharger avant de pouvoir redémarrer le système. Ceci peut prendre une journée entière et entraîne des frais considérables, entre autres à cause des durées de mise à quai imprévues. En revanche, un anti-retour avec fonction de déblocage permet de débloquent le convoyeur en quelques minutes afin que le chargement du bateau puisse continuer comme prévu.

Jusqu'à présent, la plupart des types d'anti-retours permettait seulement la marche arrière de manière limitée, le cas échéant, et certainement pas à grande vitesse. Toutefois, Stieber propose désormais des produits qui ne présentent plus cet inconvénient. Les opérateurs de systèmes de convoyeur peuvent réduire au minimum les temps d'arrêt dus au déchargement nécessaire suite à une panne de l'entraînement.

Alors que les anti-retours conventionnels comportent des roulements lisses, les anti-retours de type RDBK et RDBR de Stieber ont un roulement à rouleaux breveté. Ils sont ainsi capables de fonctionner longtemps en sens inverse et, avant tout, à des vitesses élevées.

Essais opérationnels et réglementation

À l'heure actuelle, l'essai des anti-retours en cours de fonctionnement n'est pas prescrit, en partie à cause des frais que cela engendre, mais aussi de l'arrêt de production qui y est associé. En revanche, les anti-retours jouent un rôle essentiel en termes de sécurité. Par conséquent, l'application d'un programme de maintenance et d'essai garantissant que ces composants fonctionnent normalement en cas d'urgence semble plus que justifiée.

Avec ses innombrables exploitations minières, l'Australie fait œuvre de pionnière pour ce qui est des normes de sécurité pour les systèmes de convoyage de grande taille. La

“ L'application d'un programme de maintenance et d'essai garantissant que ces composants fonctionnent normalement en cas d'urgence semble plus que justifiée.

norme australienne relative à la sécurité des machines pour les convoyeurs à bande pour les produits en vrac AS/NZS 4024.3611:2015 décrit les exigences en matière d'équipement largement appliquées par exemple dans les exploitations minières. La section 2.2.3.2 explique en détail la conception redondante et la défaillance du composant.

« 2.2.3.2 Mécanismes de protection contre l'accélération non contrôlée.

Les systèmes de convoyage qui peuvent accélérer de manière incontrôlée sous l'effet de la gravité doivent être équipés d'au moins un mécanisme permettant d'empêcher automatiquement une telle accélération. Lorsqu'un tapis roulant, un entraînement par chaîne, un accouplement à fluide ou un composant similaire est raccordé entre le moteur et l'arbre entraîné, un mécanisme doit être installé pour assurer la protection contre toute accélération non contrôlée afin d'empêcher un « serrage » si le composant relié tombe en panne. Sur les convoyeurs à chaîne, il peut être nécessaire d'installer plusieurs mécanismes de ce type.

Si la panne d'un dispositif de protection contre les accélérations entraîne un risque pour les personnes, les accélérations non contrôlées doivent être empêchées par deux mécanismes réagissant automatiquement, où chacun des mécanismes doit être en mesure de maintenir l'intégralité de la charge de lui-même. L'usure et le parfait fonctionnement de ces mécanismes doivent être surveillés. Chaque dispositif de protection contre les accélérations doit être conçu de manière à pouvoir arrêter et maintenir au moins 150 % de la charge maximale du système de convoyage.

Remarque : de tels mécanismes comprennent entre autres les freins et les anti-retours. »

Compte tenu de la plus grande attention prêtée à la santé et la sécurité au travail, il ne peut être exclu que des règles de sécurité dans certains terrains ou certaines régions soient actualisées au point que des vérifications régulières des mécanismes de protection dans des conditions de fonctionnement soient requises. Par exemple, il est possible que l'opérateur doive provoquer une situation d'arrêt d'urgence d'un convoyeur à pleine charge pour vérifier que les anti-retours et tout autre composant similaire fonctionnent correctement. Même si les opérateurs peuvent être satisfaits avec un résultat positif, il est possible qu'ils soient toujours confrontés au même problème, à savoir le blocage du système de convoyage qu'ils doivent alors décharger avant de pouvoir reprendre la production. Toute personne ayant des anti-retours qui permettent la marche inverse contrôlée dans une telle situation peut probablement s'occuper du processus de déblocage en quelques minutes. Compte tenu des coûts engendrés par les arrêts de production, de plus en plus d'opérateurs se décident en faveur de composants de ce type » ■