

NUOVO CONCETTO DI TRASMISSIONE PER SCAFFALATORI DOTATI DI CONVERTITORI DI FREQUENZA VECTRON

di W. Winandi

La trasformazione di una trasmissione idraulica di uno scaffalatore in trasmissione elettrica con convertitori di frequenza che presentano caratteristiche servo, si è dimostrata una soluzione economica ed ecologica. La possibilità di posizionamento sensibile nel ciclo rientra nelle aspettative di chi utilizza l'impianto.

Attraverso una rialimentazione dell'energia durante l'azione frenante e l'azione di abbassamento, viene di fatto prelevata dalla rete l'energia richiesta per la coppia di accelerazione e di carico.

1. Funzioni

Le trasmissioni idrauliche di uno scaffalatore (RFZ) per merci lunghe devono essere convertite applicando trasmissioni elettriche per motivi tecnici di manutenzione, energetici e a causa dell'elevata emissione di rumorosità.

Con RFZ viene servito uno scaffale di 50 metri di lunghezza, composto da 1130 scomparti e in grado di accogliere profili in plastica e metallo con lunghezza fino a 7 metri. RFZ si muove su rotaie in acciaio (Figura 1).

Le trasmissioni elettriche devono rispettare i

Converting the hydraulic transmission of an electrically-powered shelving machine with frequency inverter having servo-type features proved to be an economical and ecological solution. The flexibility of sensitive positioning in the cycle falls within the expectations of those using the system.

By re-powering the energy during the braking and lowering action, essentially the energy needed for the acceleration and loading torque is drawn from the mains.

1. Functions

The hydraulic transmissions of a shelving machine (RFZ) for long goods must be converted by applying electric transmissions for technical maintenance, energy savings and due to the high noise level.

RFZ serves a shelf 50 meters long, comprising 1130 compartments and able to hold plastic and metal profiles up to 7 meters long. RFZ moves on steel tracks (Figure 1).

Electric transmissions must observe the speed and acceleration requirements listed below in case of maximum load.

- Lifting and lowering speeds up to 12m/min

DATI TECNICI DELLO SCAFFALATORE (RFZ) TECHNICAL DATA OF THE SHELVING MACHINE (RFZ)	
Larghezza veicolo Vehicle width	8,5 m
Lunghezza veicolo Vehicle length	5,5 m
Altezza veicolo Vehicle height	7,3 m
Peso totale a vuoto Total empty weight	35.000 kg
Peso totale piattaforma sollevamento Total lift platform weight	13.000 kg
Carico utile nominale Actual rated load	6.000 kg
Carico utile massimo Maximum actual load	12.000 kg



Figura 1: Veduta dello scaffalatore (RFZ)
Figure 1: View of the shelving machine (RFZ)

requisiti di velocità e accelerazione di seguito riportati in caso di carico massimo.

- Velocità sollevamento e abbassamento fino a 12m/min
- Accelerazione sollevamento e abbassamento fino a $0,1 \text{ m/s}^2$
- Velocità di trasporto fino a 48,5 m/min.
- Massima corsa di frenata di 5 metri a piena velocità di spostamento ($a < -0,26 \text{ m/s}^2$)

Si è rinunciato ad un contrappeso nella trasmissione di sollevamento poiché solitamente questo corrisponde alla metà del peso di sollevamento e la massa del carro viene ulteriormente caricata con 10 t.

2. Versione

Dopo una ricerca approfondita sulle diverse possibilità, è stata presa una decisione a favore della seguente struttura: motore trifase a variazione di giri con convertitori di frequenza VECTRON ed un modulo rete con capacità di rialimentazione.

2.1 Trasmissione sollevatore

Per la trasmissione del **sollevatore** si è scelto un **convertitore di frequenza VECTRON con regolazione VECTRON**. La regolazione VECTRON è una procedura di regolazione d'alta qualità che effettua uno disaccoppiamento tra coppia e circuito di regolazione del flusso. E' inoltre caratterizzato da un'elevata dinamica (tempi di regolazione coppia $< 10 \text{ ms}$), una coppia in stato di arresto pari alla coppia nominale e una regolazione vera e propria della coppia.

Per la velocità massima di sollevamento richiesta, la trasmissione di sollevamento è realizzata tramite un motore con potenza all'albero di 55 kW e una frequenza nominale di 87 Hz. Un ingranaggio conico con due prese di forza trasmette i tamburi laterali

- *Lifting and lowering acceleration up to 0.1 m/s^2*
- *Conveying speed up to 48.5 m/min.*
- *Maximum braking stroke 5 meters at full transfer speed (at $< -0.26 \text{ m/s}^2$)*

No counterweight was installed in the lift transmission since this usually corresponds to half the lifting weight, and the mass of the cart is additionally loaded with 10 t.

2. Version

After studying the various options in depth, it was decided in favor of the following structure: three-phase variable-rpm motor with VECTRON frequency inverter and a mains module with recharging capability.

2.1 Lift transmission

For the lift transmission, a VECTRON frequency inverter was chosen with VECTRON control. The VECTRON control is a high-quality controlling procedure that decouples the torque and flow adjustment circuit. It is also characterized by being highly dynamic (torque adjustment times $< 10 \text{ ms}$), a torque in stop status equivalent to the rated torque, and an actual torque controlling.

For the maximum lifting speed requested, the lift power is transmitted through a motor with a shaft power of 55 kW and a rated frequency of 87 Hz. A

tapered gear with two power take-offs pulls the side drums via the shafts. Since the transmission must provide the rated torque even when it is at rest, external ventilation is supplied. The motor is equipped with a mechanical brake.

The command is given by means of a master switch, with rated two-pole value. With a positive value the load is lifted, with a negative value it is lowered.

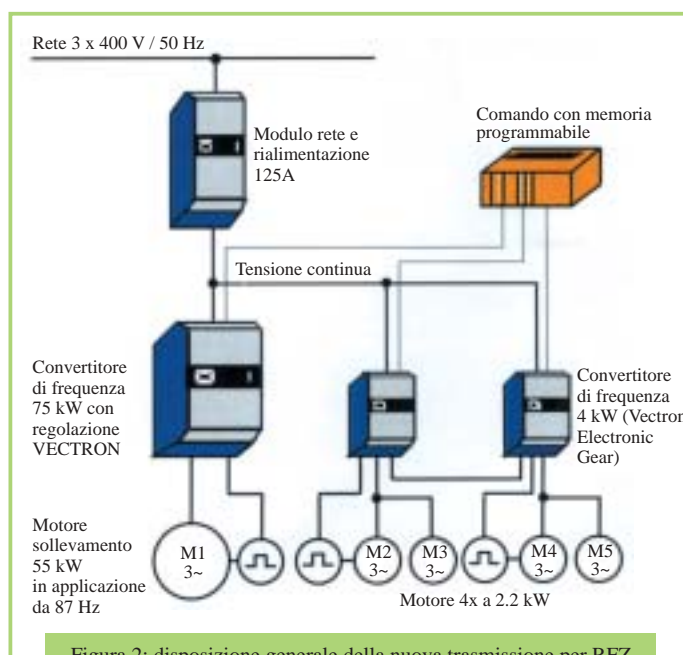


Figura 2: disposizione generale della nuova trasmissione per RFZ
 Figure 2: general layout of the new transmission for RFZ

tramite gli alberi. Poiché la trasmissione deve fornire la coppia nominale anche quando è a riposo, è prevista una ventilazione esterna. Il motore è provvisto di freno meccanico.

Il comando avviene tramite un interruttore master con valore nominale bipolare. Con valore positivo il carico viene sollevato, mentre con valore negativo viene abbassato.

La macchina asincrona crea, all'apertura del freno, una coppia tale da non fare andare in stallo il carico. In questo caso il convertitore di frequenza deve comunque trovarsi al di sotto della sua corrente limite poiché è ancora necessaria la coppia di accelerazione per potere accelerare.

All'avvio del sollevatore, la regolazione di coppia è attiva e mantiene stazionario il carico. In seguito la modalità di funzionamento del convertitore di frequenza viene commutata dalla regolazione di coppia del comando, tramite l'entrata di contatto, su una regolazione di giri.

Tramite l'uscita di corrente analogica viene controllato il carico del sollevatore. Se viene riconosciuto un sovraccarico del sollevatore, la trasmissione viene arrestata e il personale di servizio verrà avvisato tramite relativa segnalazione.

2.2 Trasmissioni di trasporto

Tutte le quattro ruote ricevono un motoriduttore dove i due rispettivi motori, disposti diagonalmente, sono alimentati da un convertitore di frequenza (figura 4). Per la rilevazione del numero di giri sono previsti due motoriduttori con trasduttore incrementale (2000 linee).

Le trasmissioni di movimento sono realizzate in modo tale da non provocare il disinserimento del convertitore

When the brake opens, the asynchronous machine creates a torque that keeps the load from stalling. In this case the frequency inverter must in any case be below its limit current, as it is still necessary to provide the acceleration torque in order to accelerate.

When lifting begins, the torque adjustment is active and keeps the load stationary. Then the operating mode of the frequency inverter is switched from controlling the command torque, through contact, to an controlling the rpm.

The analogue current output controls the lift load. If a lift overload is detected, the transmission is stopped and service personnel will be warned by the corresponding indicator.

2.2 Conveyor transmissions

All four wheels feature a gearmotor where the two corresponding motors, arranged diagonally, are powered by a frequency converter (figure 4). Two gearmotors with incremental transducer (2000 lines) are provided to measure the rpm.

Movement is transmitted so as to avoid disengaging the frequency converter in case of different loads on the individual conveyor motors due to inclined or dirty tracks.

VECTRON frequency converters may also be applied in the conveyor transmissions. To ensure a constant cycle, the axes are carried using Master-Slave operation, and thus also Vectron inverters with Electronic Gear option are used.

They have the following features:

- rpm adjustment
- housing adjustment
- positioning.

All inputs and outputs are programmable and may be easily and quickly adapted to various

tramite gli alberi. Poiché la trasmissione deve fornire la coppia nominale anche quando è a riposo, è prevista una ventilazione esterna. Il motore è provvisto di freno meccanico.

Il comando avviene tramite un interruttore master con valore nominale bipolare. Con valore positivo il carico viene sollevato, mentre con valore negativo viene abbassato.

La macchina asincrona crea, all'apertura del freno, una coppia tale da non fare andare in stallo il carico. In questo caso il convertitore di frequenza deve comunque trovarsi al di sotto della sua corrente limite poiché è ancora necessaria la coppia di accelerazione per potere accelerare.

All'avvio del sollevatore, la regolazione di coppia è attiva e mantiene stazionario il carico. In seguito la modalità di funzionamento del convertitore di frequenza viene commutata dalla regolazione di coppia del comando, tramite l'entrata di contatto, su una regolazione di giri.

Tramite l'uscita di corrente analogica viene controllato il carico del sollevatore. Se viene riconosciuto un sovraccarico del sollevatore, la trasmissione viene arrestata e il personale di servizio verrà avvisato tramite relativa segnalazione.

2.2 Trasmissioni di trasporto

Tutte le quattro ruote ricevono un motoriduttore dove i due rispettivi motori, disposti diagonalmente, sono alimentati da un convertitore di frequenza (figura 4). Per la rilevazione del numero di giri sono previsti due motoriduttori con trasduttore incrementale (2000 linee).

Le trasmissioni di movimento sono realizzate in modo tale da non provocare il disinserimento del convertitore

When the brake opens, the asynchronous machine creates a torque that keeps the load from stalling. In this case the frequency inverter must in any case be below its limit current, as it is still necessary to provide the acceleration torque in order to accelerate.

When lifting begins, the torque adjustment is active and keeps the load stationary. Then the operating mode of the frequency inverter is switched from controlling the command torque, through contact, to an controlling the rpm.

The analogue current output controls the lift load. If a lift overload is detected, the transmission is stopped and service personnel will be warned by the corresponding indicator.

2.2 Conveyor transmissions

All four wheels feature a gearmotor where the two corresponding motors, arranged diagonally, are powered by a frequency converter (figure 4). Two gearmotors with incremental transducer (2000 lines) are provided to measure the rpm.

Movement is transmitted so as to avoid disengaging the frequency converter in case of different loads on the individual conveyor motors due to inclined or dirty tracks.

VECTRON frequency converters may also be applied

in the conveyor transmissions. To ensure a constant cycle, the axes are carried using Master-Slave operation, and thus also Vectron inverters with Electronic Gear option are used.

They have the following features:

- rpm adjustment
- housing adjustment
- positioning.

All inputs and outputs are programmable and may be easily and quickly adapted to various

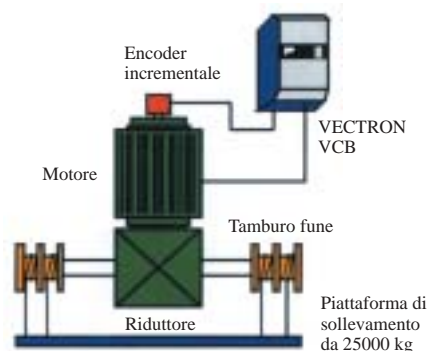


Figura 3: trasmissione sollevatore 55 kW, convertitore di frequenza con regolazione VCR dinamica.

Figure 3: lift transmission 55 kW, frequency converter with dynamic VCR adjustment.

di frequenza in caso di carichi diversi dei singoli motori di trasporto a causa di eventuali inclinazioni delle corsie binari o sporcizia nei binari.

I convertitori di frequenza VECTRON trovano applicazione anche nelle **trasmissioni di trasporto**. Per garantire un ciclo costante, gli assi vengono trasportati con funzionamento Master-Slave e in tal caso vengono utilizzati i convertitori di frequenza con l'opzione "Electronic Gear", che presenta le seguenti caratteristiche:

- regolazione numero di giri
- regolazione alloggiamento
- posizionamento.

Tutte le entrate e le uscite sono programmabili e possono essere adattate facilmente e velocemente alle diverse funzioni di trasmissione. In tal caso è necessario attrezzare i normali motori sincroni con il ripristino del numero di giri tramite trasduttore incrementale. Il numero di linee deve essere tra 50 e 2000. In questo caso è stato scelto un numero di linee pari a 2000.

Il Master lavora in modalità regolazione numero di giri, realizzata come regolazione di scorrimento, e possiede una compensazione, basata sul carico, della resistenza di avvolgimento ohmica.

Lo slave lavora in modalità "riduttore elettronico" e segue il master con sincronizzazione angolare e numero di giri.

2.3 Modulo rete

Il modulo rete ha il compito di mantenere costante la tensione nel circuito intermedio di tensione continua, indipendentemente dal fatto che il sollevatore stia sollevando o abbassando il carico o il carro stia accelerando o decelerando.

Nel funzionamento motorio, quando l'energia scorre dalla

transmission functions. In this case, you must equip normal synchronous motors with the rpm reset via incremental transducer. The number of lines must be between 50 and 2000. In this case, the number of lines chosen was 2000.

The Master works in rpm adjustment mode, to adjust the travel, and has a load-based compensation for the ohm winding resistor.

The slave works in "Electronic Gear" mode, and follows the master with synchronized angle and rpm.

2.3 Mains unit

The purpose of the mains module is to keep voltage in the intermediate direct current circuit constant, regardless of the fact that the lift is lifting or lowering the load or whether the cart is accelerating or decelerating.

In motor function, when the energy runs from the mains to the transmission, the mains module acts as a rectifier. In generator function, when the energy runs from the transmission to the mains, the mains module must reverse the direct current of the intermediate circuit and recharge it to the power mains (also see [2]).

For the industrialization of this concept, it must be possible to couple the frequency inverter through a shared, direct current intermediate circuit, thus the power supply derives from the intermediate circuit

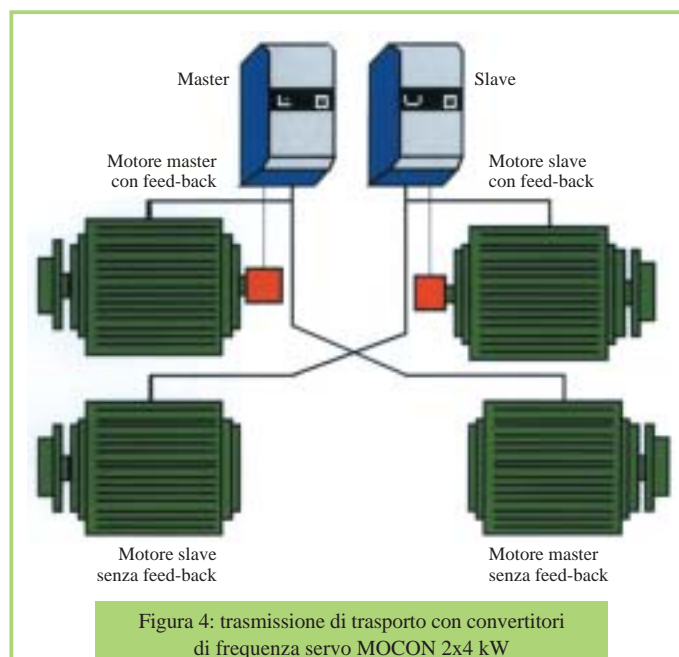


Figura 4: trasmissione di trasporto con convertitori di frequenza servo MOCON 2x4 kW
 Figure 4: conveyor transmission with MOCON 2x4 kW servo frequency converters

3. Parameterization

The frequency converter with VECTRON adjustment and Electronic Gear option is parameterized by means of a practical PC platform, through the RS 485 interfaces built into the equipment. The greatest advantage of PC-based management is the overall display of the most important transmission parameters.

4. Control technique

rete alla trasmissione, il modulo rete ha una funzione di raddrizzatore. In caso di funzionamento generatore, quando l'energia scorre dalle trasmissioni alla rete, il modulo rete deve invertire la tensione continua del circuito intermedio e rialimentarla nella rete di alimentazione (vedi anche [2]).

Per la realizzazione di questo concetto i convertitori di frequenza devono essere accoppiabili tramite un circuito intermedio di tensione continua comune, vale a dire che l'alimentazione della tensione proviene dal circuito intermedio.

3. Parametrizzazione

La parametrizzazione del convertitore di frequenza con regolazione VECTRON e con opzione MOCON avviene tramite una pratica piattaforma PC attraverso le interfacce RS 485 integrate nelle apparecchiature. Il vantaggio maggiore della gestione tramite PC è la visualizzazione generale dei più importanti parametri di trasmissione.

4. Tecnica di comando

Il concetto di comando dell'impianto è costituito da quattro sistemi gestionali subordinati:

- Posizionamento automatico dell'impianto con un elaboratore di processo.
- Predisposizione dei valori nominali, comando e controllo di freni e convertitore con un PLC.
- Comando della trasmissione con convertitore di frequenza VECTRON.
- Funzioni di arresto d'emergenza.

4.1 Elaboratore di processo

RFZ viene posizionato automaticamente tramite l'inserimento delle coordinate degli scaffali con un elaboratore di processo MSK. L'elaboratore di processo riceve le relative coordinate assolute per il trasporto e il sollevamento tramite il trasduttore. Con l'aiuto di queste coordinate viene effettuato il posizionamento sugli scaffali. La tecnica di trasmissione per trasporto e sollevamento viene comandata da un valore nominale bipolare del numero di giri di $\pm 0..10V - \pm 0..100\%$.

4.2 Unità di comando PLC

The control concept of the system is made up of four subordinate management systems:

- *Automatic positioning of the system via a process computer.*
- *Preparation of the rated values, command and control of the brakes and converter via PLC.*
- *Transmission command via VECTRON frequency converter.*
 - *Emergency stop functions.*



4.1 Process computer

RFZ is automatically positioned by entering the shelf coordinates according to a MSK process computer. The process computer receives the corresponding absolute coordinates for conveying and lifting via the transducer. Items are positioned on the shelves with the aid of these coordinates. The transmission for conveying and lifting is controlled by a two-pole rated value of the rpm of $\pm 0..10V - \pm 0..100\%$.

4.2 PLC Control unit

The PLC control unit detects the rated values and thus controls the frequency converter, brakes and transmission fans. The PLC also checks the operating temperature for the transmission and frequency converter.

The PLC gathers all error signals for the system, processes them and sends the error messages to the process computer.

4.3 Emergency stop function

The error signals of the lift frequency converter, as well as for the recharging unit, act directly on the system's emergency stop function if the lift brakes are free. The maximum admissible falling speed for the lifting platform is also controlled via a speed switch. The speed switch interrupts the emergency chain if the maximum set speed is exceeded.

5. Operating results

L'unità di comando PLC rileva i valori nominali ed effettua il conseguente comando di convertitore di frequenza, freni e ventilatori della trasmissione. Il PLC, inoltre, effettua il controllo della temperatura d'esercizio relativi a trasmissione e convertitore di frequenza. Il PLC raccoglie tutti i segnali di errore dell'impianto, li elabora e trasmette i messaggi di errore all'elaboratore di processo.

4.3 Funzione arresto di emergenza

I segnali di errore del convertitore di frequenza del sollevatore, così come dell'unità di rialimentazione, agiscono, in caso di freni sollevatore liberi, direttamente sulla funzione arresto di emergenza del sistema. Viene, inoltre, controllata la massima velocità di caduta ammissibile della piattaforma di sollevamento tramite un interruttore di velocità. L'interruttore della velocità interrompe la catena di emergenza in caso di superamento della velocità massima impostata.

5. Risultati d'esercizio

Le grandi aspettative che si celano dietro ad un dimensionamento, sia della trasmissione di sollevamento che di trasporto, sono state corrisposte per tutti i requisiti e in alcuni casi specifici sono stata addirittura superate.

In questo modo la trasmissione di sollevamento ha raggiunto una velocità di 13m/min. e la trasmissione di trasporto una velocità di 60 m/min. La corsa di frenata rilevata a piena marcia corrisponde ad un tratto inferiore a 5m.

Le emissioni dei rumori, dovute, alla frequenza di commutazione del convertitore di frequenza e al ventilatore del motore, sono decisamente inferiori a livelli monotono di rumorosità delle trasmissioni idrauliche. Disinserendo il ventilatore del motore, in brevi momenti di pausa di RFZ, si raggiunge un'ulteriore miglioramento dell'ambiente di lavoro.

The high expectations contained in a sizing, whether of the lift or conveyor transmission, were met for all requirements, and in some specific cases were even surpassed.

In this way the lift transmission has achieved a speed of 13m/min. and the conveyor transmission a speed of 60 m/min. The braking stroke measured at full speed corresponds to under 5m.

Noise emissions due to the switching frequency of the frequency inverter and motor fan are decidedly lower, at monotone noise levels of hydraulic transmissions. Disengaging the motor fan during brief RFZ pauses further improves the work environment.

