

Le contrôle des moteurs n'est pas seulement en vitesse mais aussi en accélération, freinage position, renversement de marche...

La commande de moteurs, de petite ou de forte puissance, qu'elle soit réalisée à partir de cartes ou de modules utilise les mêmes techniques de contrôle. Ces techniques s'adaptent à la plupart des moteurs et permettent leur contrôle, non seulement de la vitesse mais des accélérations, du démarrage, de l'arrêt, du positionnement, du reversement de marche, etc. La plupart du temps ce sont les techniques scalaire et vectorielle qui sont mises en œuvre, avec les diverses possibilités de boucle fermée ou de boucle ouverte. Cette dernière est cependant de moins en moins utilisée, la précision sur la vitesse étant très mauvaise car elle dépend des variations de la charge et de la tension de la source. Il est facile, aujourd'hui, grâce à l'ensemble des moyens électroniques disponibles, de mettre en œuvre la boucle fermée sans coût important dans tous les cas de contrôle de moteur.

Le moteur le plus utilisé dans l'industrie est de type asynchrone à cage d'écureuil. Il est robuste, fiable, normalisé, économique, disponible, peu encombrant et simple... Lorsque les enroulements statoriques sont alimentés, ils produisent un champ tournant. Les lignes de flux qui traversent le rotor se déplacent par rapport aux barres conductrices de la cage. Il se crée alors un courant induit dans les barres mises en court-circuit à leurs extrémités. L'action du champ magnétique sur ce courant génère les forces déterminées par les lois de Laplace. Un couple moteur entraîne le rotor qui s'oppose au couple de la charge, ce qui produit un glissement. Pour le commander il suffit d'utiliser la modulation de largeur d'impulsions qui fait maintenant l'unanimité. Cette modulation est mise en œuvre par l'onduleur de tension, associé à un redresseur non contrôlé et un filtre capacitif. L'apparition sur le marché des semiconducteurs : thyristors, transistors bipolaires, GTO, IGBT, transistors Mosfet, des circuits électroniques spécialisés pour la commande de ces composants de puissance, des circuits intégrés (microcontrôleurs, DSP et ASIC), ont rendu l'alimentation et la commande des moteurs plus performantes. Selon les fonctions nécessaires à l'application, il y a le choix entre deux techniques : le contrôle U/f avec ou sans capteur et le contrôle vectoriel de flux. La première technique est une commande scalaire, elle permet d'évaluer la charge et celle de la résistance statorique. Seul le module de la variable à réguler est prise en compte (la tension), la phase du vecteur qui la représente n'est pas considérée. La commande, souvent utilisée, est celle à flux constant pour que le moteur développe le couple maximum, à toutes les vitesses. Pour maintenir ce flux constant, il faut que le rapport entre la tension et la fréquence reste fixe. Afin que le couple demeure stable, quelles que soient les conditions de charge et de vitesse, on peut utiliser un générateur de fonctions qui détermine la valeur des tensions que doit générer l'onduleur à partir de la vitesse du flux statorique. Quoiqu'il en soit, cette commande ne permet pas d'obtenir de bonnes performances dynamiques car il reste difficile de prendre en compte la résistance statorique, ce qui peut conduire à des erreurs importantes aux très basses vitesses.

Le variateur de vitesse de type scalaire ne peut s'utiliser que lorsque les performances dynamiques sont peu contraignantes.

Pour des performances élevées : la commande vectorielle de flux

Certaines applications nécessitent des performances élevées au démarrage, au freinage, au reversement du sens de marche, à la variation rapide de vitesse, en régime transitoire. Pour cela il faut faire appel à la commande vectorielle de flux qui comporte l'estimation de la charge du moteur, déterminée à partir de la mesure de l'intensité dans l'étage continu du variateur, et l'estimation de la résistance statorique, caractéristique physique du moteur, dépendant de la température. Il est alors possible de calculer la tension à appliquer au moteur, à une vitesse donnée, pour obtenir le flux optimal. Cette commande permet aussi une suralimentation transitoire, qui augmente la tension lors d'accélération rapides, et une compensation du glissement afin de maintenir la vitesse de rotation sensiblement constante, dans ce cas le moteur est alimenté à une fréquence légèrement plus importante qui est fonction de l'estimation de la charge et de la fréquence correspondant à celle du glissement nominal du moteur.

Cette commande vectorielle, hormis l'amélioration de la qualité de l'entraînement, permet aussi d'obtenir d'autres fonctions annexes de manière plus performantes. La fonction reprise à la volée, par exemple, permet de reprendre le contrôle d'un moteur en pleine rotation. L'alimentation du moteur étant coupée, sa vitesse diminue, pour reprendre le contrôle, sans surintensité, il faut connaître la vitesse et la position du flux pour pouvoir le synchroniser. Grâce à la structure de cette commande, il est ainsi possible d'estimer la vitesse et le flux alors que le moteur n'est plus alimenté. L'estimation de la vitesse peut être effectuée même s'il ne reste qu'un faible flux rémanent dans la machine.

Quelles cartes et modules d'entraînement, avec quels moteurs ?

Les cartes et modules gèrent non seulement des moteurs asynchrones mais également des moteurs à courant continu et des moteurs pas à pas. Pour ces derniers, qui se caractérisent par une commande par impulsions, cartes et modules génèrent automatiquement les rampes d'accélération et de décélération. Ils fonctionnent souvent en boucle ouverte, c'est-à-dire qu'ils n'effectuent pas le contrôle du nombre de pas demandés et ne peuvent pas savoir si un obstacle a pu bloquer le moteur. Les ensembles cartes moteurs, ou modules moteurs, apportent une solution simple et économique à des applications de robotique simple. Leur rendement est généralement assez médiocre, et leurs performances sont réduites par rapport à leur poids et à leur consommation en courant. Ils restent cependant très utilisés en raison d'un couple relativement élevé à bas régime, de leur faible coût et de leur simplicité.

Lorsqu'il est nécessaire, le moteur à courant continu et sa commande conduisent généralement à un très bon rendement sous un faible encombrement, avec des vitesses et des accélérations importantes. Il peut fonctionner en boucle fermée s'il est équipé d'un codeur incrémental. Les modules et cartes de contrôle de ce type de moteur permettent une très grande précision et d'excellentes performances. Ils sont particulièrement adaptés aux applications de robotique

légère. On obtient fréquemment des précisions de positionnement jusqu'à 1/1000 ème de tour. L'électronique peut limiter le couple du moteur et être informée sur le mouvement en cours et, en particulier, savoir si le moteur ne peut pas arriver à la position voulue par suite d'un effort trop important ou d'un obstacle rencontré durant le parcours.

La position du rotor du moteur peut être déterminée à tout moment, même si on l'a fait tourner manuellement. Des repérages de position par apprentissage peuvent être ainsi réalisés.

Les moteurs à courant continu, ainsi asservis, apportent des performances et une souplesse d'utilisation bien supérieures à celles des moteurs pas à pas.

Le choix de la carte ou du module de contrôle peut être vu également côté interface de communication que les fabricants de cartes et de modules proposent avec leurs produits : les réseaux Profibus DP, Interbus S, Devicenet, CanOpen et Ethernet. Pour des applications plus simples, les cartes à bus série du type RS232 ou RS 432, et I2C peuvent être suffisantes.

Jean-Pierre Feste

Distributeurs Fabricants, Site Internet	Référence produit	Tension entrée Courant sortie, Type de moteur	Entrées / sorties Interface réseaux	Mode de contrôle, logiciel	Limitation en courant. Indice de protection	Applications principales	Commentaires
B&R www.br-automation.com	ACOPOS	3x 400 VAC à 480 VAC, 450 W – 64 kW, moteurs synchrones, asynchrones, servomoteurs, linéaires, couples Moteurs B&R ou non- B&R	2x trigger, 1x STO, 1x sortie 24V, 1x frein moteur EN954 cat.3, 4 emplacements pour cartes enfichables (module CPU, POWERLINK & CAN, codeur, E/S numériques & analogiques	Contrôle boucle fermée (régulation PI prédictif, boucle de courant 50 µs, boucle de position 400 µs) ou boucle ouverte (commande U/f) Programmation avec langages IEC61131-3 et ANSI C, blocs de fonction PLCopen, Soft-CNC	IP20	Contrôle de mouvement et de position, variation de vitesse, synchronisation multi-axes, cames électroniques, séquenceur à cames, commande CNC, contrôle de couple	
B&R www.br-automation.com	ACOPOSmulti	3x 220 VAC à 3x 480 VAC, 1 kW – 120 kW, moteurs synchrones, asynchrones, servomoteurs, linéaires, couples Moteurs B&R ou non- B&R	2x trigger, Safe Motion SIL3, 2x sorties 24V, 1x sortie frein moteur, 2x POWERLINK, 2 emplacements pour cartes enfichables (codeur et E/S numériques & analogiques)	Contrôle boucle fermée (régulation PI prédictif, boucle de courant 50 µs, boucle de position 400 µs) ou boucle ouverte (commande U/f) Programmation avec langages IEC61131-3 et ANSI C, blocs de fonction PLCopen, Soft-CNC	IP20	Contrôle de mouvement et de position, variation de vitesse, synchronisation multi-axes, cames électroniques, séquenceur à cames, commande CNC, contrôle de couple	Système modulaire conçu pour les machines multi- axes Réinjection d'énergie sur le réseau Module d'alim 24V intégrés Refroidissement par radiateur externe ou circuit liquide en option Module double-axes Safe Motion SIL3
B&R www.br-automation.com	ACOPOSmulti65	Bus DC décentralisé 750 VDC, jusqu'à 4 kW, moteurs synchrones, asynchrones, servomoteurs, linéaires, couples Moteurs B&R ou non- B&R	2x trigger, Safe Motion SIL3, 2x POWERLINK	Contrôle boucle fermée (régulation PI prédictif, boucle de courant 50 µs, boucle de position 400 µs) ou boucle ouverte (commande U/f) Programmation avec langages IEC61131-3 et ANSI C, blocs de fonction PLCopen, Soft-CNC	IP65	Contrôle de mouvement et de position, variation de vitesse, synchronisation multi-axes, cames électroniques, séquenceur à cames, commande CNC, contrôle de couple	Système décentralisé conçu pour faciliter la modularisation des machines et le « zéro armoire ». Réinjection d'énergie sur le réseau Module d'alim 24V intégrés Connexion via un seul et unique câble transmettant à la fois la puissance et les données (via POWERLINK) Safe Motion SIL3

Distributeurs Fabricants, Site Internet	Référence produit	Tension entrée Courant sortie, Type de moteur	Entrées / sorties Interface réseaux	Mode de contrôle, logiciel	Limitation en courant. Indice de protection	Applications principales	Commentaires
B&R www.br-automation.com	ACOPOSmulti65m	Bus DC décentralisé 750 VDC, jusqu'à 2 kW, servovariateur et servomoteur dans le même boîtier	2x trigger, Safe Motion SIL3, 2x POWERLINK	Contrôle boucle fermée (régulation PI prédictif, boucle de courant 50 µs, boucle de position 400 µs) ou boucle ouverte (commande U/f) Programmation avec langages IEC61131-3 et ANSI C, blocs de fonction PLCopen, Soft-CNC	IP65	Contrôle de mouvement et de position, variation de vitesse, synchronisation multi-axes, cames électroniques, séquenceur à cames, commande CNC, contrôle de couple	Système décentralisé « tout en un » conçu pour faciliter la modularisation des machines et le « zéro armoire ». Réinjection d'énergie sur le réseau Module d'alim 24V intégré Connexion via un seul et unique câble transmettant à la fois la puissance et les données (via POWERLINK) Safe Motion SIL3
B&R www.br-automation.com	ACOPOSinverter	100 – 240 VAC en mono, 3x200 – 3x500 VAC en tri, 0,18 – 500 kW, 1,5 – 941 A moteurs asynchrones, synchrones. Moteurs B&R ou non-B&R	2x POWERLINK, Safe Motion SIL3, 1x RS485 1x sortie 24V	Contrôle vectoriel de flux (avec ou sans retour codeur) ou commande U/f.	IP20	Variation de vitesse.	
B&R www.br-automation.com	ACOPOSmicro Stepper & Servo	80 VDC, 110 / 230 VAC, 50 W – 1 kW, 1 A – 15 A, moteurs pas à pas, servomoteurs Moteurs B&R ou non-B&R	2x POWERLINK, Safe Motion SIL3, E/S numériques & analogiques, 1 ou 2 codeur en option	Boucle fermée (régulation PI prédictif, boucle de courant 50 µs, boucle de position 400 µs) ou commande pas à pas. Programmation avec langages IEC61131-3 et ANSI C, blocs de fonction PLCopen, Soft-CNC	IP20	Commande de moteurs pas à pas et de servomoteurs	Composant très compact : 63x150x140 mm. Module double-axes Couple de maintien jusqu'à 20 Nm
Danfoss	VLT® AutomationDrive FC300	200 VAC tri à 690 VAC tri 0,37 kW à 1.4 MW Moteur asynchrone et moteur à aimants permanents	6 entrées numériques / 2 entrées analogiques / 2 sorties numériques / 1 sortie analogique / 2 relais de sortie	U/f, contrôle vectoriel de tension et contrôle vectoriel de flux	160% pendant 60s / 180% pendant 0,5s, IP00, IP20/1, IP54/5 et IP66	Convoyeur, Palettiseur, Levage, Centrifugeuse, Broyeur, ventilateur, pompe, compresseur et bien d'autres.	Concept unique qui peut être utilisé dans tous les types d'applications (du plus simple au plus complexe), ce qui constitue un véritable avantage pour la mise en service, le fonctionnement et la maintenance des équipements

Distributeurs Fabricants, Site Internet	Référence produit	Tension entrée Courant sortie, Type de moteur	Entrées / sorties Interface réseaux	Mode de contrôle, logiciel Type de moteur	Limitation en courant. Indice de protection	Applications principales	Commentaires
Danfoss	VLT® Decentral Drive FCD302 (variateur décentralisé avec contrôle U/f, vectoriel de tension et vectoriel de flux)	Triphasé 400 VAC triphasé 0,37 – 3 kW Moteur asynchrone et moteurs à aimants permanents	6 entrées digitales / 2 entrées analogiques / 2 sorties numériques / 1 sortie analogique / 2 relais de sortie	U/f, contrôle vectoriel de tension et contrôle vectoriel de flux	160% pendant 60s / 180% pendant 0,5s, IP66 / IP69K (Hygiénique, certifié EHEDG)	Agroalimentaire, pharmaceutique (convoyeur, levage, etc.)	Variateur décentralisé performant et idéal pour les installations à environnement difficile tel que l'agroalimentaire
FiveCo www.fiveco.ch	FMod-IPECMOT 48/10	15-48 VDC, 10A, DC avec ou sans balais	2 entrées Ethernet	Postion, Vitesse avec suivi de trajectoire	Réglable (0.1 à 15A)	Table XYZ de précision, robot mobile, petite machine d'assemblage, bras robotisé...	Ethernet standard Régulateur en position/vitesse sans encodeur (avec les sondes de Hall)
FiveCo www.fiveco.ch	FMod-IPDCMOT 48/1.5	10-48 VDC, 1.5A, DC avec balais	2 Entrées Ethernet	Postion, Vitesse avec suivi de trajectoire	Réglable (0.1 à 3A)	Table XYZ de précision, robot mobile, petite machine d'assemblage, bras robotisé...	Compatible Power over Ethernet (PoE 802.3af)
IMO JEAMBRUN D: LAM www.imojeambrun.fr	iStep	18 – 240 VDC 0.3 à 10 A nominal Moteur Pas à Pas	4 entrées TOR 2 sorties TOR 2 entrees et 1 sortie Analogiques USB, Rs232, RS485 Protocole Modbus	Contrôleur intégré Librement programmable	IP20 Toutes protections	Machines spéciales, Usinage, Emballage etc ...	Matériel avec puissance toute intégrée Montage facile sur rail Din
IMO JEAMBRUN D: BALDOR www.imojeambrun.fr	MOTIFLEX	220 – 400 VAC 1.5 à 33 A nominal Brushless	Codeur de suivi Entrées Interruption 8 ^E /7S extensible. USB, Ethernet, Powerlink, Canopen Devicenet Profibus	Contrôleur multitâche intégré ActiveX pour langage Haut Niveau gratuit Programmation type Basic	IP20 Toutes protections	Machines spéciales, Usinage, Emballage etc ...	Matériel avec puissance toute intégrée et Carte d'axes de haut niveau Bus ethernet temps réel
IMO JEAMBRUN D: DELTA TAU www.imojeambrun.fr	BrickDrive	24VDC à 240VAC 5 A ou 8A nominal Pas à pas, Courant continu ou Brushless	1, 2, 4 ou 8 axes 32 ^E /16S USB Ethernet Canopen Devicenet Profibus Modbus TCP	Contrôleur multitâche intégrée, Interpolation Synchronisme, Cames, Fonction Robotique, Contrôle de couple Double boucle	Toutes protections	Machines spéciales, Usinage, test controle	Tout intégré : Alimentation, Puissance et Carte d'axes de haut niveau Très économique

Distributeurs Fabricants, Site Internet	Référence produit	Tension entrée Courant sortie, Type de moteur	Entrées / sorties Interface réseaux	Mode de contrôle, logiciel	Limitation en courant. Indice de protection	Applications principales	Commentaires
LEROY- SOMER	DIGITAX ST	<u>Mono</u> : 230V <u>Tri</u> :230-400 Gamme : In = 1.1 à 8 A Pour Servomoteur autosynchrone	5analogiques 8 logiques <u>Bus réseaux</u> : Profibus DP Interbus S Devicenet CanOpen Ethernet EtherCAT SERCOS CAN LONworks	Contrôle servomoteurs à aimants.	300% de In IP20	Conditionnement, postes de transfert XY, dépose de matière, découpe laser ou jet d'eau, profilage, tables d'indexage, dosage, poinçonnage, impression, emballage, étiquetage, coupe rotative ou à la volée, trancanage, robots, machines outils, machines spéciales...	
LEROY- SOMER	UNIDRIVE SP	<u>Mono/Tri</u> : 230V <u>Tri</u> : 400V, 575V ou 690V Gamme: 1,3 à 2000 A Pour moteurs asynchrone, servomoteur, synchrone, synchrone à aimants permanents	5 analogiques 6 logiques (+3 analogiques en option) (+32 logiques en option) 1 sortie relais (+ 1 relais en option) <u>Bus réseaux</u> : Profibus DP Devicenet Interbus S Can Open Ethernet TCP/IP EtherCAT SERCOS LONworks CAN	Contrôle vectoriel de flux boucle ouverte ou boucle fermée, servo	150% (60s) de In Jusqu'à 175 % en transitoire IP20	Manutention, emballage, portiques, machine d'imprimerie, machines spéciales, machines outils...	
LEROY- SOMER	DIGIDRIVE SK	<u>Mono</u> :110-230 V, <u>Mono/Tri</u> : 230 V, <u>Tri</u> :230-400, 575 V ou 690 V Gamme: In = 1.3 à 236 A Pour moteur asynchrone	5analogiques 6 logiques <u>Bus réseaux</u> : Profibus DP Interbus S Devicenet CanOpen Ethernet EtherCAT LON	Contrôle vectoriel de flux boucle ouverte	150% de In IP20	Ventilation, agitation, pompage, levage, convoyage, enroulage déroulage, translation...	
MDP MDPelectronics www.mdp.fr	FIRST DC 1Q 60/10	60 V 10 A Courant continu, 1 quadrant (60/10) ou 4 quadrants (50/5)	2 entrées TOR 1 entrée Ana 1 sortie TOR interface sÈrie	Asservissement vitesse	10 A permanent		Paramétrable par RS232 RÈglage par bouton poussoir

Distributeurs Fabricants, Site Internet	Référence produit	Tension entrée Courant sortie, Type de moteur	Entrées / sorties Interface réseaux	Mode de contrôle, logiciel	Limitation en courant. Indice de protection	Applications principales	Commentaires
MDP MDPelectronics www.mdp.fr	NANO 30/3	30 VDC 3 A DC, BLDC et pas $\frac{1}{3}$ pas	5 entrées TOR 1 entrée analogique 1 sortie TOR Interface série	Régulation vitesse	3 A permanent	Imprimerie Marquage Composants d'automatismes Climatisation, vanne	Paramétrable Petite dimension Economique
SEW-USOCOME www.usocom.com	MOVIMOT	200 / 240 V tri 380/500 V tri 0.37 à 3.0 kW AC	En standard : 3 entrées binaires 1 sortie relais Profibus Interbus Interbus FO fibre optique AS-interface DeviceNet CANopen	VFC et U/f 0 à 100 Hz Variateurs décentralisés	IP54 à IP66 surintensité, court-circuit, surtension, rupture phase, surt température, charge variateur	IP54 à IP66	
SEW-USOCOME www.usocom.com	MOVITRAC B	0.25 à 2.2 A 0,25 à 45 A 230 V 400/500 V tri 230 V tri AC	En standard : 1 entrée analogique 6 entrées binaires 2 sorties binaires 1 sortie relais	Convertisseur de fréquence 0 à 150Hz en mode VFC 0 à 600Hz en mode U/f	IP20 surtintensité, court-circuit, surtension, rupture phase,		Fonction économie d'énergie Régulateur P.I. Assistant de mise en service
SIDENA www.sidena.com	XA-629	8 à 48 VCC 3A Moteur CC	2 entrées	I2C, USB, serie, réseau		Robotique légère, bancs de test, intégrateurs	Carte d'asservissement numérique en position et en vitesse
SIDENA www.sidena.com	XA-M3SM	8 à 28 VCC 1,5 A par phase 3 moteur pas à pas	3 entrées	I2C, USB, serie, réseau		Robotique légère, bancs de test, intégrateurs	Commande micropas pour 3 moteurs pas à pas