

INDUSTRIAL DRIVE SOLUTIONS



RELIABLE
Performance You Can Trust



EFFICIENT
Maximize Every Watt



PRECISE
Control with Accuracy



راهنمای فعال‌سازی و استفاده از کنترل

برداری سنسورلس در دو مد کنترل

سرعت و کنترل گشتاور



Sensorless Speed and Torque Control Guide

فهرست مطالب

- ۱) معرفی کلی ۱
- ۲) انتخاب مد کاری ۱
- ۳) تفاوت مد کنترل سرعت و کنترل گشتاور ۱
- ۳-۱) مد کنترل سرعت سنسورلس - مقدار ۳ در H40 ۱
- ۳-۲) مد کنترل گشتاور سنسورلس - مقدار ۴ در H40 ۱
- ۳-۳) مرجع گشتاور در مد کنترل گشتاور سنسورلس ۲
- ۳-۴) تفاوت مرجع گشتاور با مرجع سرعت ۳
- ۴) شرط اصلی قبل از استفاده از سنسورلس ۳
- ۵) تیونینگ موتور برای کنترل برداری سنسورلس ۳
- ۵-۱) تنظیم الزامی H41 برای تیونینگ دینامیک ۴
- ۵-۲) چرا تیونینگ دینامیک لازم است؟ ۴
- ۵-۳) شرایط ایمنی قبل از تیونینگ دینامیک ۴
- ۶) ترتیب پیشنهادی راه اندازی سنسورلس ۴
- ۶-۱) انتخاب نوع موتور ۵
- ۶-۲) ورود اطلاعات پلاک موتور ۵
- ۶-۳) اجرای تیونینگ دینامیک ۵
- ۷) فعال سازی مد کنترل سرعت سنسورلس ۶

- ۸) فعال سازی مد کنترل گشتاور سنسورلس ۶
- ۹) پارامترهای مهم و اثر هر کدام ۷
- ۹-۱) انتخاب مد کنترل و تیونینگ ۷
- ۹-۲) پارامترهای موتور ۷
- ۹-۳) پارامترهای جریان و محدودیت ها ۷
- ۹-۴) پارامترهای راه اندازی و انتقال حلقه باز به حلقه بسته ۸
- ۹-۵) پارامترهای پاسخ سرعت و فرکانس سوئیچینگ ۸
- ۹-۶) محدودیت سرعت در مد گشتاور ۹
- ۱۰) نکات مهم در استفاده از مد سرعت ۹
- ۱۱) نکات مهم در استفاده از مد گشتاور ۹
- ۱۲) محدودیت های کنترل برداری سنسورلس ۹
- ۱۳) عیب یابی سریع ۱۰
- ۱۴) مطالعه و راه اندازی سریع ۱۰
- ۱۴-۱) جدول سریع مد کنترل سرعت سنسورلس ۱۰
- ۱۴-۲) جدول سریع مد کنترل گشتاور سنسورلس ۱۱

(۱) معرفی کلی

کنترل برداری سنسورلس روشی است که در آن درایو بدون استفاده از انکودر یا سنسور سرعت، وضعیت موتور را از روی ولتاژ، جریان و پارامترهای موتور تخمین می‌زند. در این روش، جریان موتور به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود: جریان شارساز برای ایجاد میدان مغناطیسی و جریان گشتاورساز برای تولید گشتاور. نتیجه این روش، عملکرد نرم‌تر و دقیق‌تر نسبت به حالت ولتاژ به فرکانس (V/F) است؛ به‌خصوص زمانی که بار تغییر می‌کند و درایو باید سرعت یا گشتاور موتور را پایدار نگه دارد.

(۲) انتخاب مد کاری

جدول (۱)

مقدار پارامتر H40	نام مد	توضیح
۰	V/F	کنترل ساده ولتاژ به فرکانس
۱	FCC	کنترل شار/جریان در حالت حلقه‌باز
۳	Sensorless_S	کنترل برداری سنسورلس در مد سرعت
۴	Sensorless_T	کنترل برداری سنسورلس در مد گشتاور

نکته: توجه شود برای کنترل سرعت در درایو، مقدار $H40=3$ و برای کنترل گشتاور، مقدار $H40=4$ تنظیم شود.

(۳) تفاوت مد کنترل سرعت و کنترل گشتاور

۳-۱) مد کنترل سرعت سنسورلس - مقدار ۳ در H40

در این مد، کاربر سرعت مورد نظر موتور را تعیین می‌کند و درایو تلاش می‌کند سرعت موتور را روی همان مقدار نگه دارد. اگر بار موتور زیاد یا کم شود، درایو به‌صورت خودکار گشتاور لازم را تغییر می‌دهد تا سرعت تا حد امکان ثابت بماند.

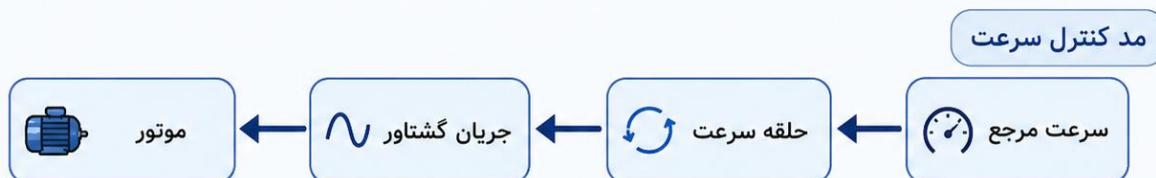
این مد برای فن، پمپ، نوار نقاله، میکسر و ماشین‌آلاتی مناسب است که سرعت ثابت یا کنترل‌شده نیاز دارند. در این حالت، اپراتور معمولاً سرعت، زمان شتاب، زمان توقف و جهت چرخش را تنظیم می‌کند و کنترل گشتاور توسط درایو انجام می‌شود.

۳-۲) مد کنترل گشتاور سنسورلس - مقدار ۴ در H40

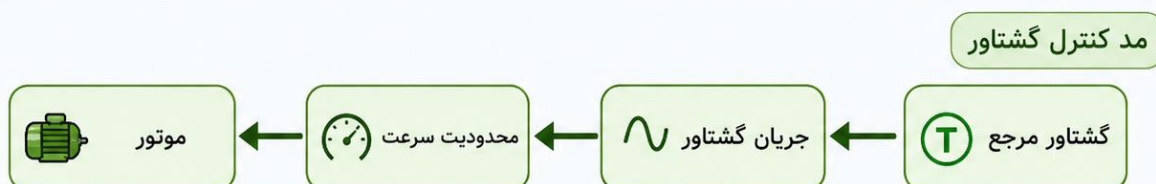
در این مد، هدف اصلی درایو ثابت نگه داشتن گشتاور موتور است، نه سرعت. کاربر مقدار گشتاور مورد نیاز را مشخص می‌کند و درایو متناسب با آن، جریان گشتاورساز موتور را کنترل می‌کند.

این مد برای رول‌پیچ، رول‌بازکن، کنترل کشش، اکسترودر، پرس و سیستم‌هایی مناسب است که مقدار نیرو یا کشش مهم‌تر از سرعت است. در مد گشتاور، سرعت موتور ممکن است با توجه به بار تغییر کند؛ بنابراین محدودکننده سرعت باید حتماً تنظیم شود.

تفاوت مسیر فرمان در مد سرعت و مد گشتاور



در این مد، درایو گشتاور را تغییر می‌دهد تا سرعت روی مقدار تنظیم‌شده بماند.



در این مد، درایو گشتاور را دنبال می‌کند و سرعت تابع بار و محدودیت سرعت است.

این شکل برای فهم سریع تفاوت ورودی اپراتور در دو مد استفاده می‌شود. 

شکل (۱): مقایسه مسیر فرمان در مد سرعت و مد گشتاور

۳-۳) مرجع گشتاور در مد کنترل گشتاور سنسورلس

در مد کنترل گشتاور سنسورلس، فرمان ورودی کاربر به‌عنوان مرجع گشتاور در نظر گرفته می‌شود، نه مرجع سرعت. یعنی عددی که اپراتور وارد می‌کند، بیانگر درصد گشتاور درخواستی موتور است.

در این مد، مقدار مرجع گشتاور از ۰ تا ۱۵۰ درصد قابل اعمال است. مقدار ۱۰۰ درصد به‌معنی گشتاور نامی موتور و مقدار ۱۵۰ درصد به‌معنی گشتاور اضافه در محدوده مجاز درایو و موتور است.

جدول (۲)

مقدار مرجع	مفهوم
۰٪	بدون فرمان گشتاور / توقف
۱۰٪	گشتاور کم برای تست یا بار سبک
۵۰٪	تقریباً نصف گشتاور نامی موتور
۱۰۰٪	گشتاور نامی موتور
۱۵۰٪	گشتاور اضافه، در محدوده مجاز درایو و موتور

در مد گشتاور، درایو مقدار گشتاور درخواستی را به جریان گشتاورساز موتور تبدیل می‌کند. هرچه مرجع گشتاور بیشتر باشد، جریان گشتاورساز بیشتر می‌شود و موتور نیروی بیشتری تولید می‌کند. البته مقدار نهایی گشتاور توسط محدودیت جریان موتور و درایو کنترل می‌شود تا از اضافه‌جریان و آسیب به موتور جلوگیری شود.

۳-۴) تفاوت مرجع گشتاور با مرجع سرعت

در مد کنترل سرعت، عددی که کاربر وارد می‌کند به‌عنوان سرعت هدف موتور در نظر گرفته می‌شود. درایو سرعت واقعی موتور را تخمین می‌زند و اگر سرعت کمتر یا بیشتر از مقدار تنظیم‌شده باشد، به‌صورت خودکار گشتاور موتور را کم یا زیاد می‌کند تا سرعت به مقدار مرجع برسد.

اما در مد کنترل گشتاور، عدد واردشده سرعت نیست. این عدد مقدار گشتاور درخواستی است. در این حالت، درایو مستقیماً گشتاور را کنترل می‌کند و سرعت موتور بسته به مقدار بار تغییر می‌کند.

جدول (۳)

مد کاری	ورودی اپراتور	عملکرد درایو
کنترل سرعت	سرعت مرجع	درایو گشتاور را تغییر می‌دهد تا سرعت ثابت بماند.
کنترل گشتاور	درصد گشتاور مرجع	درایو گشتاور را کنترل می‌کند و سرعت تابع بار است.

توجه: در مد گشتاور، اگر بار موتور سبک باشد و مرجع گشتاور زیاد تنظیم شود، سرعت موتور می‌تواند افزایش پیدا کند. بنابراین در این مد باید حتماً محدودیت سرعت تنظیم شود.

۴) شرط اصلی قبل از استفاده از سنسورلس

کنترل سنسورلس برای عملکرد صحیح، به پارامترهای دقیق موتور نیاز دارد. اگر پارامترهای موتور اشتباه باشند، احتمال لرزش در شروع حرکت، جریان زیاد، ورود نکردن به حلقه‌بسته، ناپایداری سرعت، گشتاور ضعیف یا خطای اضافه‌جریان وجود دارد. بنابراین قبل از فعال کردن Sensorless_S یا Sensorless_T، تیونینگ موتور باید انجام شود.

۵) تیونینگ موتور برای کنترل برداری سنسورلس

این قابلیت برای موتور القایی سه‌فاز در کنترل حلقه‌باز V/F در نظر گرفته شده است. قبل از فعال‌سازی، مشخصات موتور و پارامترهای پایه باید به‌درستی تنظیم شوند. استفاده از این قابلیت برای موتورهای سنکرون یا مدهای کنترلی برداری توصیه نمی‌شود.

۵-۱) تنظیم الزامی H41 برای تیونینگ دینامیک

برای استفاده مطمئن از کنترل برداری سنسورلس در مد سرعت و مد گشتاور، مقدار H41 باید روی عدد ۲ قرار گیرد

توجه: $H41=2$ یعنی تیونینگ دینامیک موتور.

در این حالت، درایو علاوه بر تست‌های ایستا، موتور را در حالت بدون بار می‌چرخاند تا پارامترهای دقیق‌تری مانند جریان بی‌باری و اندوکتانس مغناطیس‌کنندگی را محاسبه کند.

۵-۲) چرا تیونینگ دینامیک لازم است؟

در موتور القایی، کنترل سنسورلس برای تخمین صحیح شار، سرعت و لغزش موتور به مقاومت استاتور، مقاومت روتور، اندوکتانس نشتی، اندوکتانس مغناطیس‌کنندگی، جریان بی‌باری، جریان نامی و لغزش نامی نیاز دارد.

بخشی از این پارامترها با تست ایستا قابل تخمین هستند، اما برای دقت بهتر، مخصوصاً برای محاسبه جریان بی‌باری و شار موتور، باید موتور بدون بار بچرخد. بنابراین موتور باید از بار مکانیکی جدا شود و سپس H41 روی ۲ قرار گیرد.

۵-۳) شرایط ایمنی قبل از تیونینگ دینامیک

- موتور باید از بار مکانیکی جدا باشد و آزادانه بچرخد؛
- جهت چرخش موتور نباید برای دستگاه یا اپراتور خطر ایجاد کند؛
- پایه موتور، کوپلینگ و قسمت‌های چرخان باید ایمن باشند؛
- هیچ نفر یا جسمی نزدیک شفت، کوپلینگ یا بخش چرخان موتور نباشد؛
- اطلاعات پلاک موتور باید درست وارد شده باشد؛
- ولتاژ تغذیه باید در محدوده مجاز درایو باشد؛
- جریان نامی موتور نباید بیشتر از توان مجاز درایو باشد؛ و
- اگر ترمز مکانیکی وجود دارد، قبل از تیونینگ باید آزاد شود.
- اگر موتور به گیربکس یا بار متصل است، تیونینگ دینامیک اجرا نشود مگر با مجوز سازنده دستگاه.

۶) ترتیب پیشنهادی راه‌اندازی سنسورلس

پارامترهای اصلی این قابلیت در گروه H قرار دارند. تنظیم درست این پارامترها باعث راه‌اندازی نرم‌تر و کاهش خطای اضافه‌جریان می‌شود. مقدارهای پیشنهادی زیر برای شروع تست اولیه هستند و باید متناسب با موتور و بار اصلاح شوند.

۶-۱) انتخاب نوع موتور

جدول (۴)

پارامتر	مقدار پیشنهادی	توضیح
H28	H28 = 0	انتخاب موتور القایی سه فاز
H37	در شروع راه اندازی	پارامتر انتخاب نوع موتور نیست؛ پس از تیونینگ و فعال شدن مد سرعت، برای جبران لختی و کنترل بهتر سرعت تنظیم می شود.

۶-۲) ورود اطلاعات پلاک موتور

در صورت عدم استفاده از تیونینگ دینامیک به دلیل محدودیت های فیزیکی، اطلاعات جدول زیر باید به صورت دستی وارد شوند. با این حال، پارامترهای H30، H31 و H32 در هر شرایطی باید توسط کاربر مطابق پلاک موتور تنظیم شوند.

جدول (۵)

پارامتر	توضیح	اثر اشتباه بودن
H30	توان نامی موتور	خطا در محدودیت توان و حفاظت
H31	تعداد قطب های موتور	خطا در محاسبه سرعت و لغزش
H32	لغزش نامی موتور	تخمین اشتباه گشتاور و سرعت
H33	جریان نامی موتور	محدودیت جریان و گشتاور اشتباه
H34	جریان بی باری موتور	خطا در شار، مخصوصاً در بار سبک
H37	لختی معادل موتور و بار در حلقه سرعت	مقدار کم می تواند باعث اُور شوت/نوسان سرعت شود و مقدار خیلی زیاد پاسخ سرعت را کند می کند.
H42	مقاومت استاتور Rs	خطا در تخمین شار، مخصوصاً سرعت پایین (۰ تا ۲۰,۰۰۰ Ω)
H43	مقاومت روتور Rr	خطا در تخمین لغزش و گشتاور (۰ تا ۲۰,۰۰۰ Ω)
H44	اندوکتانس نشی	ناپایداری جریان یا گشتاور (۰ تا ۰,۰۰۰ H)
H45	اندوکتانس مغناطیس کنندگی Lm	خطا در شار موتور و عملکرد سنسورلس (۰ تا ۳,۰۰۰ H)

۶-۳) اجرای تیونینگ دینامیک

- موتور را بدون بار آماده کنید؛
- مقدار $H41 = 2$ را تنظیم کنید؛
- فرمان شروع تیونینگ را اجرا کنید؛
- تا پایان کامل تیونینگ، فرمان توقف ندهید مگر در شرایط اضطراری؛ و
- پس از پایان تیونینگ، مطمئن شوید خطا وجود ندارد.

۷) فعال سازی مد کنترل سرعت سنسورلس

فعال کردن کنترل سرعت سنسورلس، ابتدا تیونینگ دینامیک را انجام دهید، سپس مقدار $H40 = 3$ را تنظیم کنید. سرعت مرجع می تواند از کپید، ورودی آنالوگ، ترمینال یا شبکه ارتباطی دریافت شود.

در زمان استارت، درایو ابتدا موتور را در حالت حلقه باز راه اندازی می کند. سپس وقتی سرعت، شار و شرایط تخمین به حد قابل قبول رسید، کنترل از حالت حلقه باز به حلقه بسته سنسورلس منتقل می شود.

جدول (۶)

اقدام	توضیح
شروع با سرعت پایین	برای بررسی جهت چرخش، جریان و لرزش
افزایش تدریجی سرعت	برای اطمینان از ورود نرم به حلقه بسته
کنترل جریان و دما	برای جلوگیری از اضافه بار موتور و درایو
تنظیم ACC و dEC	برای جلوگیری از جریان زیاد یا اضافه ولتاژ DC
تنظیم H37 در بارهای لخت	ابتدا صفر بماند؛ اگر هنگام رسیدن به سرعت مرجع اُورشوت یا نوسان دیده شد، مقدار H37 را مرحله ای افزایش دهید.

۸) فعال سازی مد کنترل گشتاور سنسورلس

برای فعال کردن کنترل گشتاور سنسورلس، ابتدا تیونینگ دینامیک را با $H41=2$ انجام دهید، سپس مقدار $H40=4$ را تنظیم کنید. مرجع گشتاور را از منبع مورد نظر انتخاب کرده و در شروع، مقدار آن را کم بگذارید.

نکته ایمنی: در مد گشتاور، سرعت مستقیماً کنترل نمی شود. اگر بار سبک باشد و مرجع گشتاور زیاد تنظیم شود، سرعت موتور می تواند افزایش یابد. بنابراین محدودیت سرعت باید حتماً تنظیم شود.

جدول (۷)

اقدام	توضیح
شروع با گشتاور کم	برای جلوگیری از حرکت ناگهانی بار
تنظیم محدودیت سرعت	برای جلوگیری از افزایش بیش از حد سرعت
کنترل جریان موتور	برای جلوگیری از اضافه بار و گرم شدن موتور
افزایش مرحله ای گشتاور	برای رسیدن به مقدار مورد نیاز بدون شوک مکانیکی

۹) پارامترهای مهم و اثر هر کدام

۹-۱) انتخاب مد کنترل و تیونینگ

جدول (۸)

پارامتر	نام/وظیفه	اثر
H40	انتخاب روش کنترل	تعیین مد V/F، FCC، سنسورلس سرعت یا سنسورلس گشتاور
H41	نوع تیونینگ موتور	برای سنسورلس دقیق باید روی ۲ قرار گیرد تا تیونینگ دینامیک انجام شود
H37	لختی معادل در حلقه سرعت	در مد سرعت سنسورلس برای تنظیم خودکار بهره‌های PI سرعت، میرایی بیشتر و کاهش اُورشوت/نوسان استفاده می‌شود.

۹-۲) پارامترهای موتور

جدول (۹)

پارامتر	توضیح	اثر در کنترل سنسورلس
H30	توان نامی موتور	مبنای محدودیت توان و انتخاب ظرفیت موتور
H31	تعداد قطب‌ها	تبدیل سرعت مکانیکی و الکتریکی
H32	لغزش نامی	تخمین لغزش و گشتاور
H33	جریان نامی موتور	محدودیت جریان و حفاظت موتور
H34	جریان بی‌باری	تنظیم شار و دقت گشتاور در بار سبک
H37	لختی معادل بار	به حلقه سرعت سنسورلس کمک می‌کند بهره‌های PI را متناسب با لختی بار تنظیم کند؛ مقدار مؤثر از ۱ تا ۶۵۵۳۵ است.
H42	Rs	مقاومت استاتور: ۰٫۰۰۰ تا ۲۰٫۰۰۰ Ω
H43	Rr	مقاومت رتور معادل: ۰٫۰۰۰ تا ۲۰٫۰۰۰ Ω
H44	Lls	اندوکتانس نشی: ۰٫۰۰۰۰۰ تا ۰٫۳۰۰۰۰ H
H45	Lm	اندوکتانس مغناطیس‌کنندگی: ۰٫۰۰۰۰ تا ۳٫۰۰۰ H

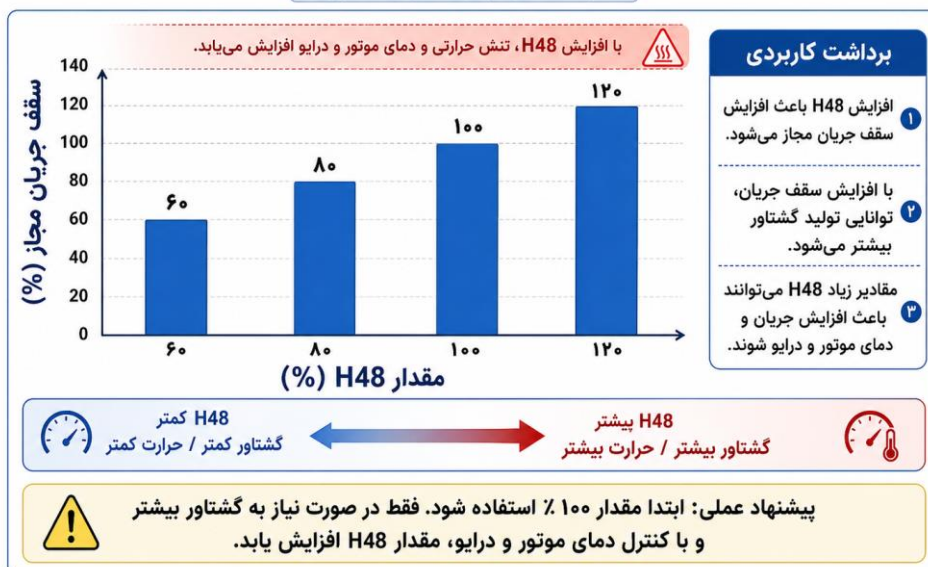
۹-۳) پارامترهای جریان و محدودیت‌ها

جدول (۱۰)

پارامتر	توضیح	اثر
H48	درصد مجاز جریان/ظرفیت کنترلی	روی سقف جریان و توانایی تولید گشتاور اثر دارد. مقدار زیاد باعث افزایش جریان و حرارت می‌شود.
H46	ضریب تناسبی حلقه جریان گشتاور	پاسخ گشتاور را سریع‌تر می‌کند. مقدار زیاد باعث صدای موتور یا نوسان جریان می‌شود.
H47	ضریب انتگرالی حلقه جریان گشتاور	خطای گشتاور را کاهش می‌دهد. مقدار زیاد می‌تواند باعث اضافه‌جریان شود.
H37	جبران لختی در تولید فرمان گشتاور	سقف جریان را عوض نمی‌کند، اما با میرایی حلقه سرعت می‌تواند جهش فرمان Iq، اُورشوت و نوسان جریان را کمتر کند.

اثر H48 بر سقف جریان و توان گشتاور

درصد مجاز جریان / ظرفیت کنترل



نمودار (۴): اثر H48 بر سقف جریان و توان گشتاور

۴-۹) پارامترهای راه‌اندازی و انتقال حلقه‌باز به حلقه‌بسته

جدول (۱۱)

پارامتر	توضیح	اثر
F14	زمان شاردهی اولیه موتور القایی	مقدار کم باعث ضعف گشتاور راه‌اندازی می‌شود.
F21	حداکثر فرکانس مرجع یا محدوده کاری	نباید بیش از مقدار مجاز موتور و دستگاه تنظیم شود.
F22	حداکثر فرکانس جهت اعمال ولتاژ نامی درایو	برای کنترل گشتاور موتور در کنترل حلقه‌باز استفاده می‌شود. مقدار زیاد می‌تواند باعث Stall زیر بار سنگین و مقدار خیلی کم می‌تواند باعث افزایش جریان راه‌اندازی شود.
ACC	زمان شتاب	مقدار کم باعث جریان زیاد، لرزش یا خطا می‌شود.
dEC	زمان توقف	مقدار کم می‌تواند باعث اضافه‌ولتاژ DC یا ناپایداری شود.
H37	تنظیم پاسخ سرعت پس از ورود به حلقه‌بسته	ابتدا روی صفر تست شود؛ پس از صحت تیونینگ و ورود پایدار به حلقه‌بسته، برای بارهای با لختی زیاد به تدریج افزایش یابد.

۵-۹) پارامترهای پاسخ سرعت و فرکانس سوئیچینگ

جدول (۱۲)

پارامتر	توضیح	اثر
H37	لختی معادل موتور و بار	$\omega =$ بدون جبران از ۱ تا ۶۵۵۳۵ به صورت نسبی اعمال می‌شود؛ افزایش مقدار، میرایی حلقه سرعت را بیشتر و اُورشوت/نوسان بارهای لخت را کمتر می‌کند.
H38	تغییر فرکانس سوئیچینگ در سرعت پایین	برای کاهش جریان ضربه‌ای یا بهبود رفتار سرعت پایین استفاده می‌شود.
H39	فرکانس سوئیچینگ اصلی	روی صدای موتور، تلفات درایو و نرمی جریان اثر دارد.

۹-۶) محدودیت سرعت در مد گشتاور

جدول (۱۳)

پارامتر	توضیح	اثر
H37	پارامتر حلقه سرعت، نه محدودکننده سرعت گشتاور	در مد گشتاور اثر مستقیم ندارد؛ برای جلوگیری از افزایش سرعت، H67 و H68 تنظیم شوند.
H67	درصد محدودیت سرعت در مد گشتاور	از افزایش بیش از حد سرعت در مد گشتاور جلوگیری می‌کند.
H68	بایاس سرعت در مد گشتاور	برای ایجاد حاشیه یا اصلاح رفتار سرعت در کنترل گشتاور استفاده می‌شود.

۱۰) نکات مهم در استفاده از مد سرعت

- قبل از فعال‌سازی، تیونینگ دینامیک انجام شود؛
- تا حد امکان پارامتر ACC کمتر از ۵ ثانیه قرار داده نشود؛ مقادیر خیلی کم احتمال خطا و جریان زیاد در راهاندازی را افزایش می‌دهند؛
- اگر موتور وارد حلقه‌بسته نمی‌شود، ابتدا بار را کم کنید و زمان شتاب را افزایش دهید؛
- اگر موتور لرزش دارد، پارامترهای موتور و نتیجه تیونینگ را بررسی کنید؛
- اگر سرعت واقعی با مرجع اختلاف دارد، ابتدا H31، H32، H33 و نتایج تیونینگ بررسی شوند؛
- در سرعت‌های خیلی پایین، عملکرد سنسورلس محدود است؛ و
- برای بارهای سنگین، زمان شتاب باید بیشتر انتخاب شود.

۱۱) نکات مهم در استفاده از مد گشتاور

- مد گشتاور بدون محدودیت سرعت خطرناک است؛
- همیشه ابتدا با مرجع گشتاور کم تست کنید؛
- اگر بار سبک باشد، سرعت می‌تواند افزایش یابد؛
- برای کاربردهای کشش، مقدار گشتاور باید مرحله‌به‌مرحله تنظیم شود؛
- در سرعت نزدیک صفر، کنترل گشتاور سنسورلس محدودیت دارد؛
- برای نگه‌داشتن بار آویزان یا آسانسوری، سنسورلس بدون ترمز مکانیکی کافی نیست؛
- اگر جریان بیش از حد بالا می‌رود، H33، H48، H46 و H47 بررسی شوند؛ و
- اگر گشتاور ضعیف است، $H41=2$ را دوباره با موتور بدون بار اجرا کنید.

۱۲) محدودیت‌های کنترل برداری سنسورلس

- در سرعت صفر، تخمین سرعت دقیق نیست؛
- در سرعت‌های خیلی پایین، گشتاور ممکن است محدود شود؛
- برای بارهای ضربه‌ای شدید باید تنظیمات با دقت انجام شود؛
- پارامترهای اشتباه موتور باعث ناپایداری می‌شوند؛

- تیونینگ دینامیک باید بدون بار انجام شود؛
- در کاربردهای ایمنی حساس، استفاده از ترمز مکانیکی یا فیدبک واقعی سرعت توصیه می‌شود؛ و
- تغییر موتور بدون تیونینگ مجدد مجاز نیست.

(۱۳) عیب‌یابی سریع

جدول (۱۴)

نشانه	علت احتمالی	راهکار
موتور وارد حلقه بسته نمی‌شود	تیونینگ ناقص، بار زیاد یا سرعت راه‌اندازی ناکافی	H41=2 را اجرا کنید، بار را جدا کنید و ACC را افزایش دهید.
جریان راه‌اندازی زیاد است	شتاب کم، پارامتر موتور اشتباه یا H48 زیاد	ACC را افزایش دهید، تیونینگ را تکرار کنید و H48 را بررسی کنید.
موتور در سرعت پایین می‌لرزد	تخمین ضعیف، Rs یا Lm اشتباه، بار سنگین	تیونینگ دینامیک، بررسی H42 تا H45 و کاهش بار.
سرعت ناپایدار است	H31/H32 اشتباه یا ضرایب کنترل نامناسب	تعداد قطب و لغزش نامی را بررسی کنید.
گشتاور ضعیف است	جریان بی‌باری یا Lm اشتباه، محدودیت جریان پایین	H41=2، سپس H33/H34/H45/H48 را بررسی کنید.
صدای زیاد موتور	فرکانس سوئیچینگ یا ضرایب جریان نامناسب	H39، H46 و H47 را بررسی کنید.
موتور در مد گشتاور بیش از حد سرعت می‌گیرد	محدودیت سرعت تنظیم نشده	H67 و H68 را تنظیم کنید.
سرعت هنگام رسیدن به مرجع نوسان یا اورشوت دارد	تنظیم نبودن یا نامناسب بودن H37 برای لختی بار	H3 را از صفر به صورت مرحله‌ای افزایش دهید؛ اگر پاسخ خیلی کند شد، مقدار را کمتر کنید. یا H41 را روی عدد سه قرار دهید تا تیونینگ خودکار انجام شود.

(۱۴) مطالعه و راه‌اندازی سریع

۱۴-۱) جدول سریع مد کنترل سرعت سنسورلس

جدول (۱۵)

ترتیب	پارامتر	مقدار/عمل پیشنهادی	توضیح کوتاه
۱	H28	H28=0	انتخاب نوع موتور بازه: ۰ تا ۲
۲	H30	طبق پلاک موتور	توان نامی بازه: طبق پلاک/ظرفیت
۳	H31	طبق پلاک موتور	تعداد قطب‌ها بازه: طبق پلاک
۴	H32	طبق پلاک موتور	لغزش نامی بازه: ۰ تا ۱۰ هرتز
۵	H33	طبق پلاک موتور	جریان نامی RMS بازه: ۰٫۵ تا ۷۶
۶	H34	در صورت موجود بودن	جریان بی‌باری بازه: ۰٫۱ تا ۲۵

تیونینگ دینامیک با چرخش بدون بار بازه: ۰ تا ۳	۲	H41	۷
فعال سازی کنترل سرعت سنسورلس بازه: ۰ تا ۴	۳	H40	۸
زمان شاردهی اولیه بازه: ۰ تا ۶۰ ثانیه	متناسب با موتور	F14	۹
زمان شتاب بازه: ۰٫۱ تا ۹۰۰ ثانیه	متناسب با بار	ACC	۱۰
زمان توقف بازه: ۰٫۱ تا ۹۰۰ ثانیه	متناسب با بار	dEC	۱۱
جبران لختی کنترل سرعت بازه: ۰ تا ۶۵۵۳۵	۰؛ در صورت نیاز تا ۶۵۵۳۵ (تنظیم خودکار با H41=3)	H37	۱۲
محدودیت جریان/بوست بازه: ۰ تا ۲۲۰٪	طبق ظرفیت موتور/درايو	H48	۱۳
ضرایب حلقه جریان گشتاور بازه: هر کدام ۰٫۱ تا ۳۰	مقدار پیش فرض یا تنظیم شده	H46/H47	۱۴
مدیریت فرکانس سوئیچینگ بازه: H38=0 تا ۲، H39=2 تا ۱۵ کیلوهرتز	طبق نیاز	H38/H39	۱۵

۱۴-۲) جدول سریع مد کنترل گشتاور سنسورلس

جدول (۱۶)

ترتیب	پارامتر	مقدار/عمل پیشنهادی	توضیح کوتاه
۱	H28	H28=0	انتخاب نوع موتور بازه: ۰ تا ۲
۲	H30	طبق پلاک موتور	توان نامی بازه: طبق پلاک/ظرفیت
۳	H31	طبق پلاک موتور	تعداد قطبها بازه: طبق پلاک
۴	H32	طبق پلاک موتور	لغزش نامی بازه: ۰ تا ۱۰ هرتز
۵	H33	طبق پلاک موتور	جریان نامی RMS بازه: ۰٫۵ تا ۷۶
۶	H34	در صورت موجود بودن	جریان بی باری بازه: ۰٫۱ تا ۲۵
۷	H41	۲	تیونینگ دینامیک الزامی، موتور بدون بار بچرخد بازه: ۰ تا ۳

فعال سازی کنترل گشتاور سنسورلس بازه: ۰ تا ۴	۴	H40	۸
در مد گشتاور کاربرد مستقیم ندارد. محدودیت سرعت با H68/H67 انجام شود. بازه: ۰ تا ۶۵۵۳۵	معمولاً ۰	H37	۹
شروع ایمن با گشتاور پایین بازه: ۰ تا ۱۵۰٪	ابتدا کم تنظیم شود	مرجع گشتاور	۱۰
محدودیت سرعت در مد گشتاور بازه: ۰ تا ۶۰۰ هرتز	فعال/تنظیم شود	H67	۱۱
بایاس سرعت در مد گشتاور بازه: ۰ تا ۵۰ هرتز	در صورت نیاز	H68	۱۲
محدودیت جریان و توان گشتاور بازه: ۰ تا ۲۲۰٪	طبق ظرفیت موتور/درایو	H48	۱۳
پاسخ حلقه جریان گشتاور بازه: هرکدام ۰٫۱ تا ۳۰	مقدار پیش فرض یا تنظیم شده	H46/H47	۱۴
زمان شاردهی اولیه بازه: ۰ تا ۶۰ ثانیه	متناسب با موتور	F14	۱۵
نرمی شروع و توقف بازه: هرکدام ۰٫۱ تا ۹۰۰ ثانیه	متناسب با بار	ACC/dEC	۱۶