

Meccatronica: Step Forward

Ing. Roberto Locce

Solution Architect Motion Control

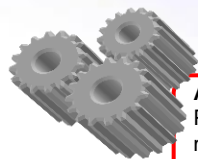
Tool di dimensionamento

Sfrutta la simulazione del movimento della struttura meccanica, permessa da Solidworks, per la generazione dei profili di velocità e di coppia di meccaniche complesse al fine di poter analizzare in ogni dettaglio la configurazione e selezionare i prodotti più adeguati all'interno del catalogo.

- Il tool di dimensionamento è un software che riceve in ingresso i dati di progettazione del costruttore della macchina e fornisce come risultato il coordinamento drive/motore consigliato
- Contiene diversi tool utili per l'ottimizzazione, la simulazione e la previsione delle prestazioni

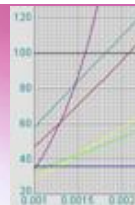


Tool di ottimizzazione



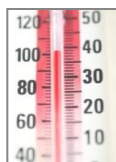
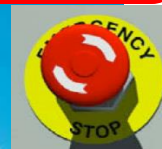
Analisi rendimento del sistema

Permette di esaltare le prestazioni della macchina e ridurre il consumo energetico.

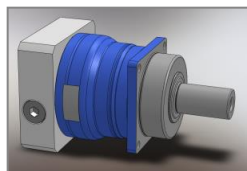


- Analisi delle tolleranze del sistema
Permette di verificare quanto una macchina sarà insensibile alle modifiche dei dati iniziali

Analisi stop di emergenza. Aiuta a massimizzare la produzione senza compromettere la sicurezza



- Modello termico del sistema
Utile per OEM che esportano verso paesi dei climi caldi.



- Analisi del riduttore
Guida i progettisti ad una soluzione ottimizzata



Analisi tolleranza sulla tensione di alimentazione

Riduce il rischio di problemi sul campo che richiedono alti costi di supporto.



- Interazione con 3D CAD
Scaricare modelli dei prodotti e verificare il profili di movimento durante la progettazione meccanica.

- Tuning simulato del sistema

Aiuta a ridurre gli errori di progettazione ed a risparmiare tempo in fase di messa in funzione.



Stima della durata

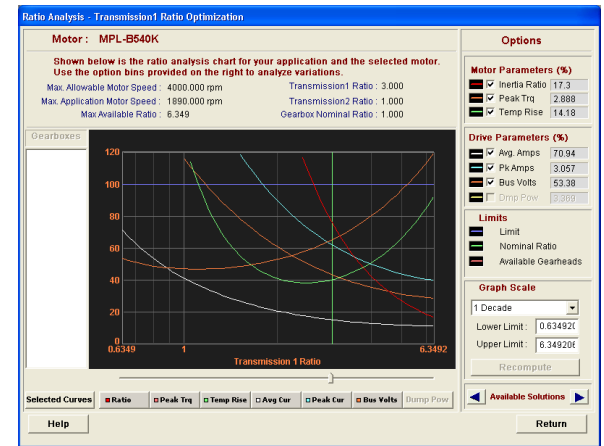
Dimensionamento di attuatori integrati con stima della vita e pianificazione della manutenzione.



Analisi della riduzione meccanica

L'analisi del fattore di riduzione è un tool che agevola i progettisti meccanici nella selezione di riduttore, cinghia, vite a ricircolo.

Fornisce una visualizzazione immediata dell'influenza della riduzione meccanica sulle grandezze dinamiche di quel movimento.



Prima

- Una relazione non chiara fra la selezione dei componenti meccanici e le prestazioni del sistema, fa sì che venga usato nella maggior parte dei casi un approccio empirico

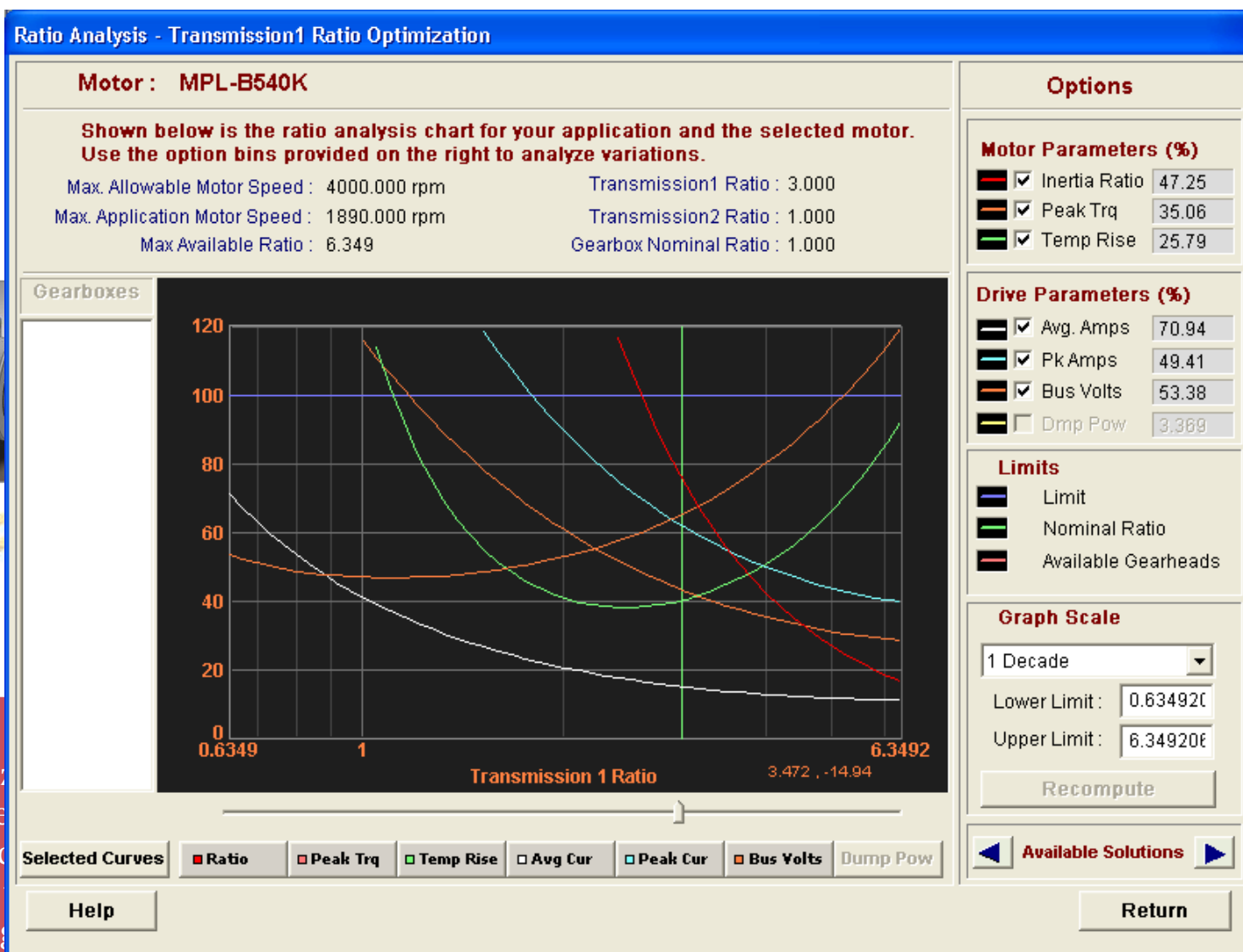
Dopo

- Il tool di dimensionamento guida il progettista meccanico a selezionare la soluzione ottimale
- La modalità di selezione è più "scientifica"

Impatto sul business

- Un'ottimizzazione in fase progettuale migliora le prestazioni della macchina
- Utilizzo di motori, drive, protezioni più piccole e quindi minor ingombri nei quadri elettrici e costi inferiori

Analisi della riduzione meccanica

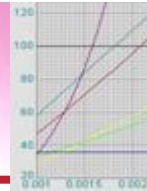


Prima

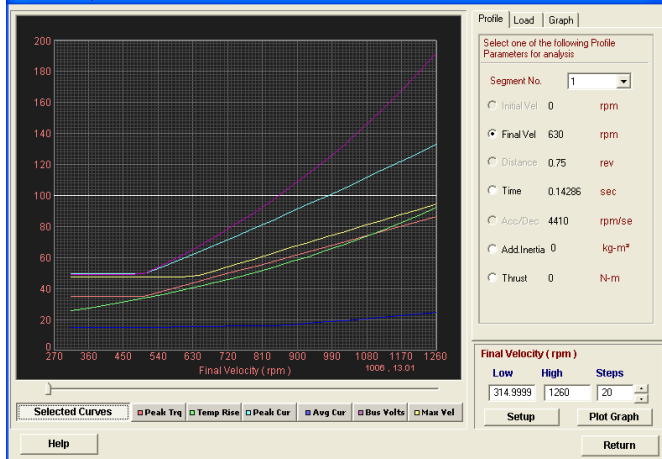
- Una relazione tra la selezione meccanica del sistema, nella maggioranza dei casi, è un approccio empirico

minor ingombri nei quadri elettrici e costi inferiori

Tolleranza sui dati di funzionamento



Tolerance Analysis



L'analisi sulla tolleranza dei dati permette di verificare velocemente il rapporto fra i dati dell'applicazione (tempo di ciclo, massa, perdite, temperatura ambiente) ed i parametri "vitali" dell'applicazione (coppia, corrente, velocità ecc.).

Questo dà un'idea della flessibilità della macchina, permette di individuare i punti deboli ed evidenzia i limiti dell'applicazione.

Prima

- I progettisti sono in grado spesso di selezionare un sistema servo ma difficilmente riescono a stabilire quali siano i limiti della macchina
- Il sistema a volte è già al limite

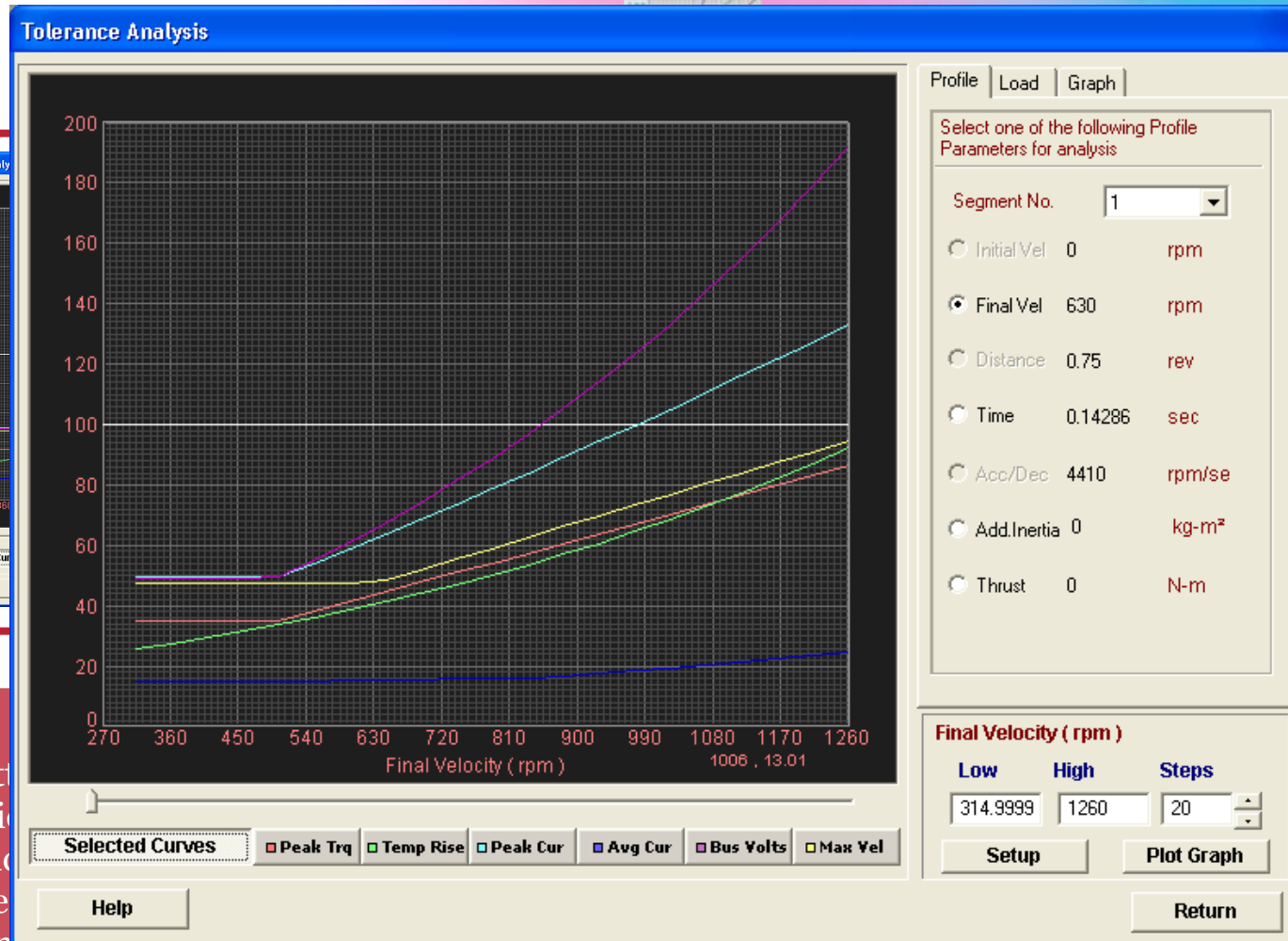
Dopo

- Il tool di dimensionamento fornisce uno strumento per analizzare velocemente quanto la macchina sarà flessibile
- Mette in allarme il progettista riguardo a potenziali problematiche

Impatto sul business

- Riduce la possibilità di fermi macchina dovuti a problematiche trascurate in fase di progettazione
- Rende chiari i limiti nelle specifiche della macchina

Tolleranza sui dati di funzionamento



di
i
erdate,
ali”
à ecc.).
acchina,
videnza i

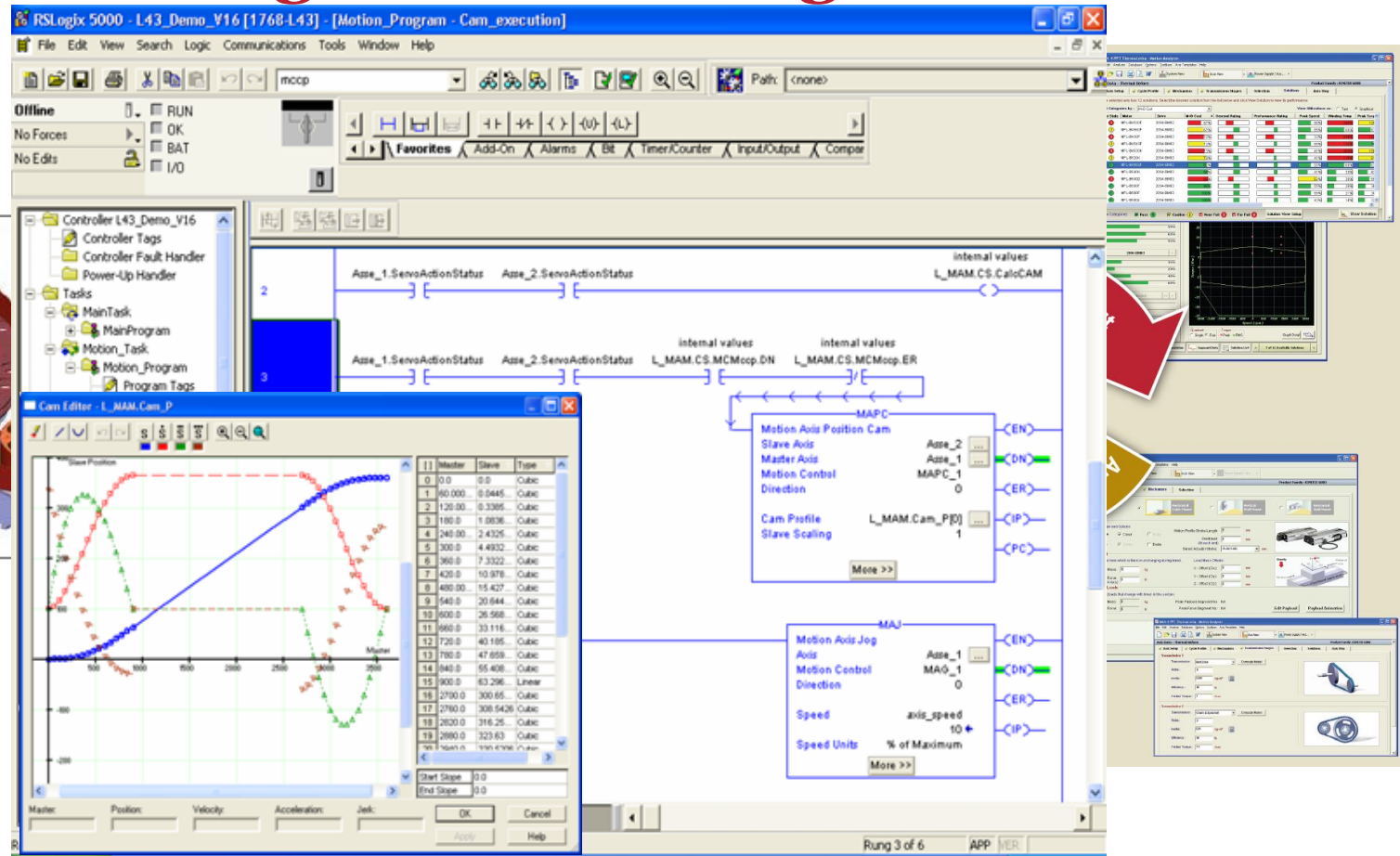
Prima

- I progetti di selezione di macchine ma difficili da stabilire le macchine
- Il sistema a volte è già al limite

mette in allarme il progettista riguardo a potenziali problematiche

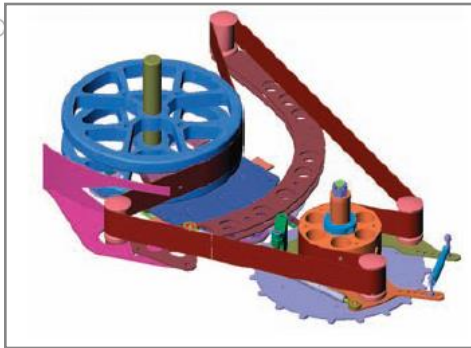
rende chiari i limiti nelle specifiche della macchina

Progettazione integrata



- Il tool di selezione dei componenti interagisce con l'ambiente di progettazione CAD per ottimizzare gli aspetti più problematici dell'applicazione; il risultato finale è la legge di moto più adatta alle scelte fatte da implementare direttamente nel programma del controllore.

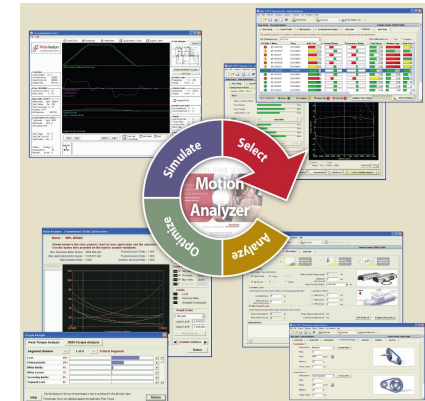
Approccio tradizionale: macchina come somma di elementi separati



Progettazione CAD



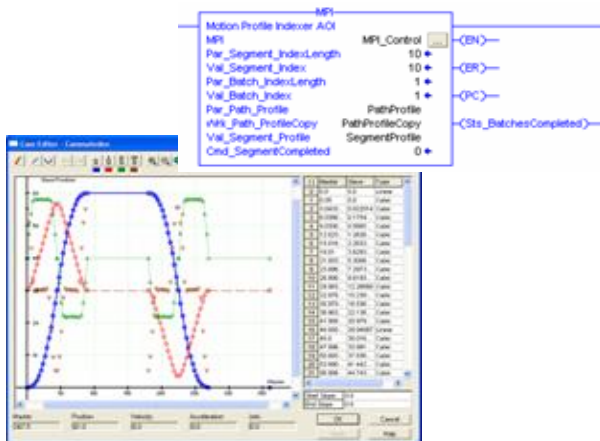
Realizzazione



Tool di selezione



Possibili problematiche e loro risoluzione sul campo



Programmazione del Motion Control

Benefici di un approccio Meccatronico

- **Aumento del valore dell'impianto**
 - Il valore della macchina è prossimo alla sua capacità produttiva e flessibilità
 - Un'ottimizzazione del progetto spesso dà benefici in aumento di prestazioni senza costi aggiuntivi
- **Sostenibilità**
 - Gli utilizzatori delle macchine hanno aumentato la loro attenzione verso i consumi elettrici e la sostenibilità.
 - Analisi dell'efficienza energetica aiuta a diminuire i consumi e gli sprechi.
- **Maggior agilità nell'innovazione**
 - La prototipazione virtuale riduce i tempi di progettazione
 - Progetti complessi con un lead time più breve
- **Riduzione del rischio**
 - Ogni modifica al progetto ha un rischio associato
 - La simulazione aiuta a ridurre i rischi prevedendo le influenze che le modifiche avranno prima che accadano

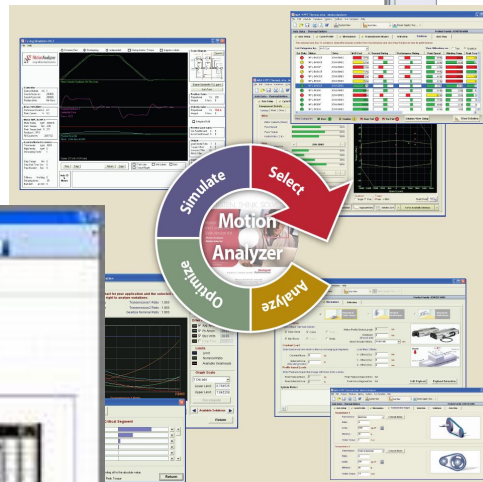
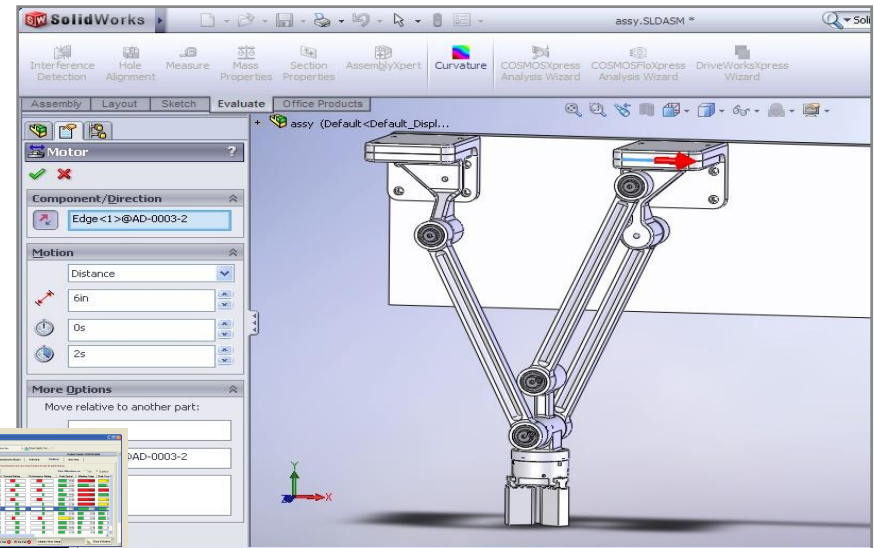


Using this approach we can reduce our physical prototypes from 20 to around 2-3 and can trim hundreds of thousands of dollars from development costs [Leading packaging OEM]

Finding & fixing design flaws late in the development cycle can cost 10 to 100 times what it costs to make changes early [Major tire OEM]

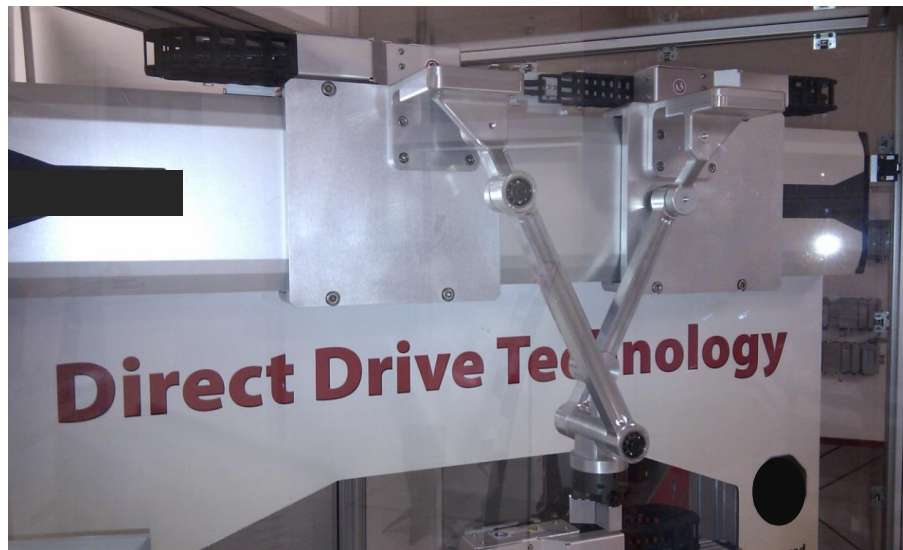
Virtual Design Tool

Il tool di dimensionamento unisce la meccanica con il controllore.
Analizza, ottimizza, simula e seleziona in un ambiente virtuale prima di rilasciare il progetto finale.



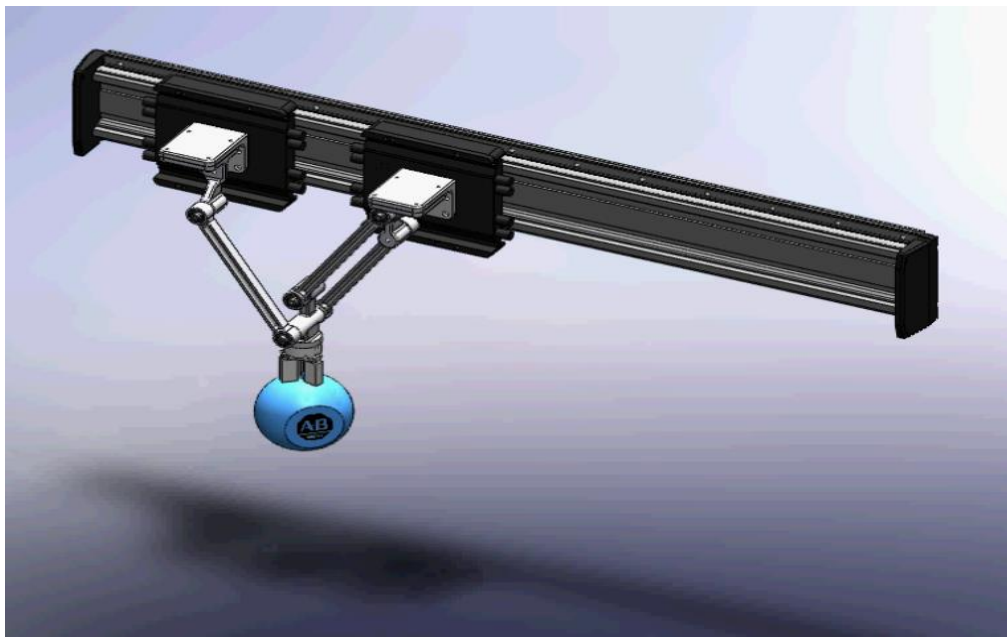
Esempio di simulazione integrata

Robot delta a due assi che si muove sul piano verticale XZ.
Il movimento dei due bracci è realizzato con due motori lineari.
I due bracci sono stati realizzati della stessa lunghezza.



- movimenti sull'asse verticale (Z) si ottengono allontanando o avvicinando i due motori con la stessa legge di moto
- movimenti di traslazione in X lo si ottengono muovendo entrambi i motori nella stessa direzione

Realizzazione del modello 3D

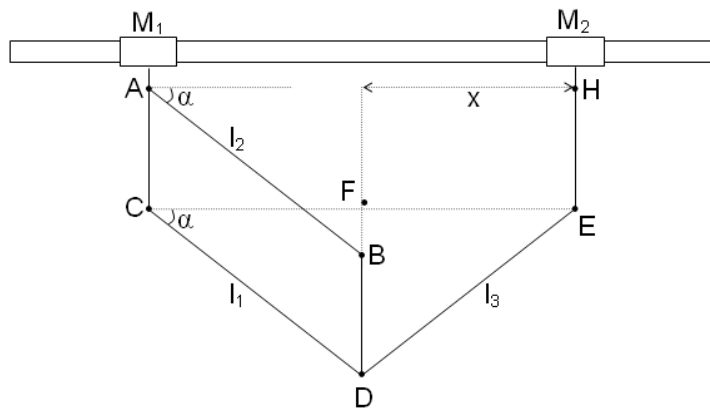


Ambiente di progettazione:
Solidworks

Steps:

- Importazione modello slitta da librerie
- Creazione Subassembly
- Accoppiamenti parti → Mates
- Animazione

Ciclo di lavoro



M₁ = motore destro
M₂ = motore sinistro

$$l_1 = l_2 = l_3$$

$$X = FE = CF$$

$$Z = FD$$

$$\sin \alpha \frac{FD}{CD} = \frac{FD}{l_1} = \frac{Z}{l_1}$$

$$\cos \alpha \frac{CF}{CD} = \frac{X}{l_1}$$

VELOCITÀ VERTICALE

$$V_Z = \frac{dz}{dt} = \frac{dz}{d\alpha} \times \frac{d\alpha}{dt}$$

$$Z = Z_0 - l_1 \sin \alpha$$

$$V_Z = -l_1 \cos \alpha \frac{d\alpha}{dt} \quad \omega = \frac{d\alpha}{dt}$$

$$V_Z = -l_1 \cos \alpha \cdot \omega$$

ACCELERAZIONE VERTICALE

$$A_Z = \frac{dV_Z}{dt} = \frac{dV_Z}{d\alpha} \times \frac{d\alpha}{dt}$$

$$dV_Z = -l_1 (-\sin \alpha) \cdot \omega d\alpha - l_1 \cos \alpha \cdot d\omega$$

$$V_Z = -l_1 \cos \alpha \cdot \omega$$

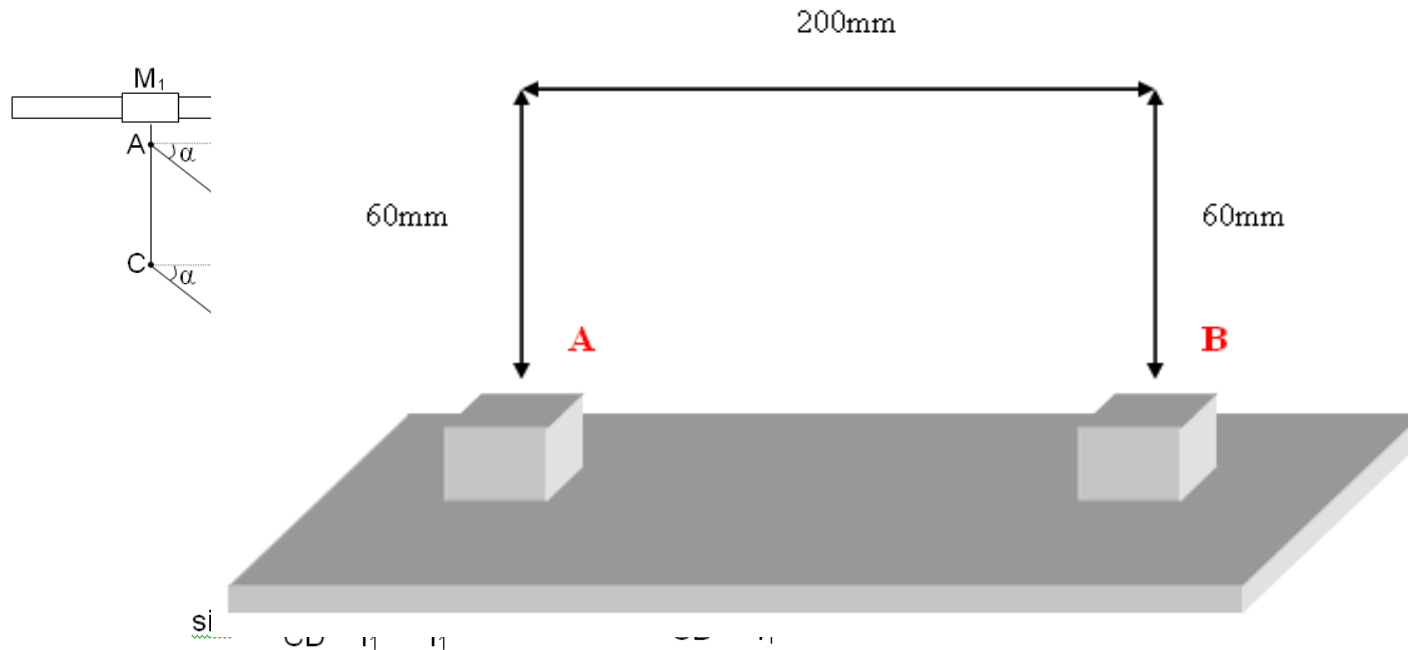
$$A_Z = \frac{dV_Z}{dt} = l_1 \sin \alpha \cdot \omega^2 - l_1 \cos \alpha \cdot \gamma_t$$

$$A_Z = l_1 \left[\sin \alpha \cdot \left(\frac{d\alpha}{dt} \right)^2 - \cos \alpha \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2} \right]$$

Ciclo di lavoro

VELOCITÀ VERTICALE

$$v_z = \frac{dz}{dt} = \frac{dz}{d\alpha} \times \frac{d\alpha}{dt}$$



$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega = \frac{d\alpha}{dt}$$

$$l_1 \cdot \omega$$

\dot{V}_z VERTICALE

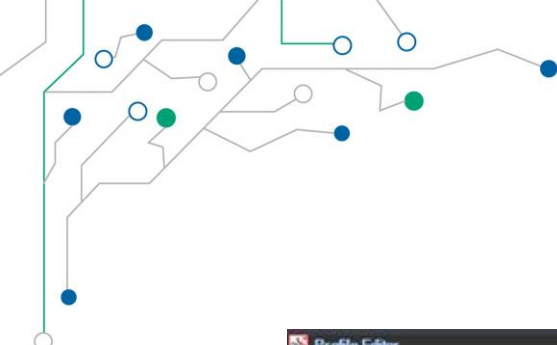
$$= \frac{dV_z}{d\alpha} \times \frac{d\alpha}{dt}$$

$$\alpha = l_1 \cos \alpha \cdot d\omega$$

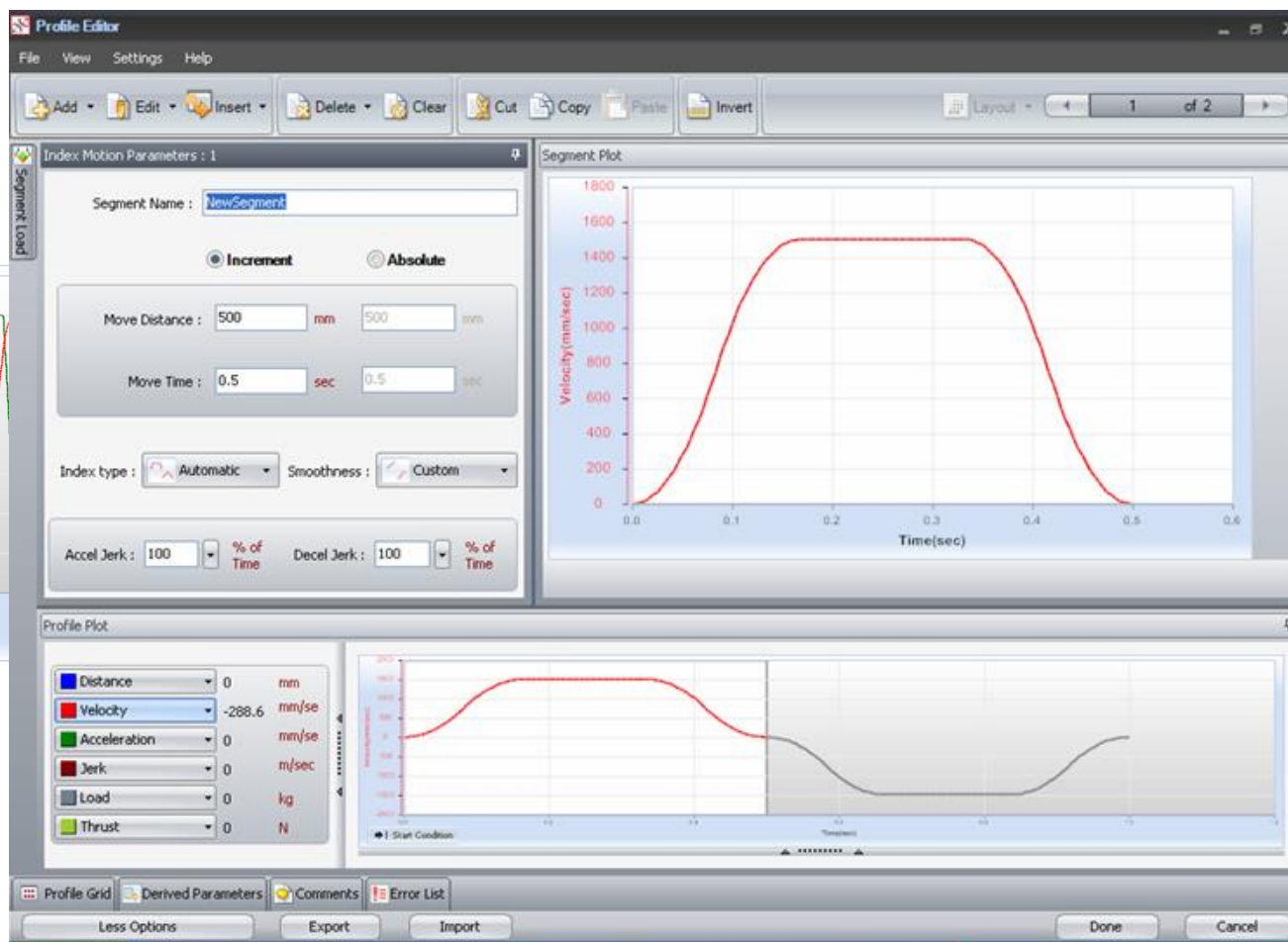
$$V_z = -l_1 \cos \alpha \cdot \omega$$

$$A_z = \frac{dV_z}{dt} = l_1 \sin \alpha \cdot \omega^2 - l_1 \cos \alpha \cdot \gamma_t$$

$$A_z = l_1 \left[\sin \alpha \cdot \left(\frac{d\alpha}{dt} \right)^2 - \cos \alpha \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2} \right]$$



Ciclo macchina

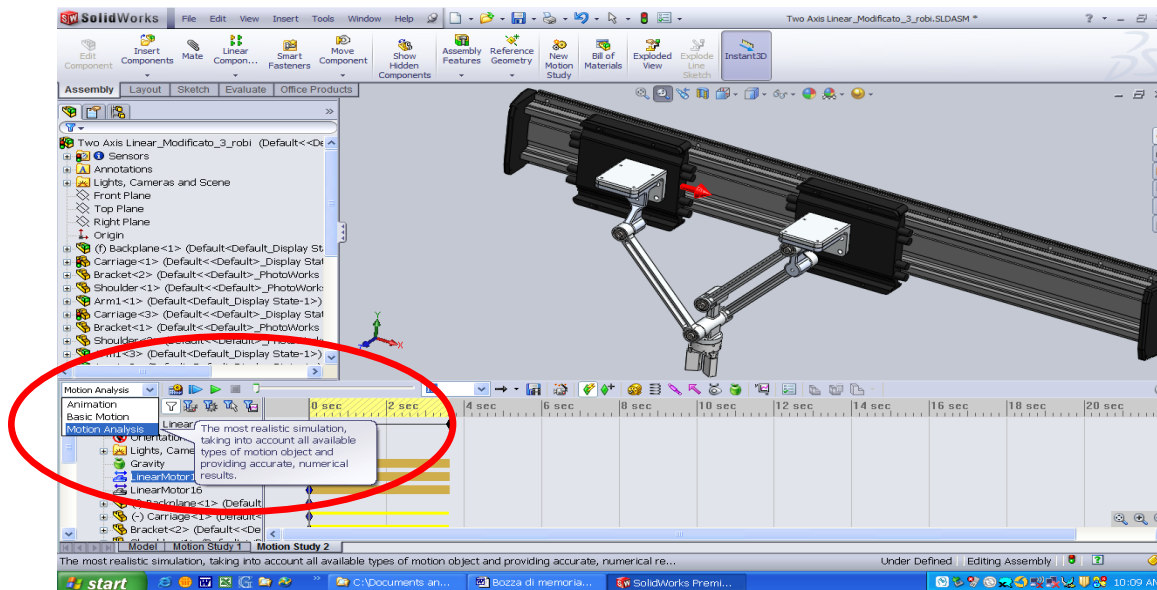


Ottimizzazione del profilo di movimento

Analisi di moto

Ambiente di progettazione dedicato alla simulazione

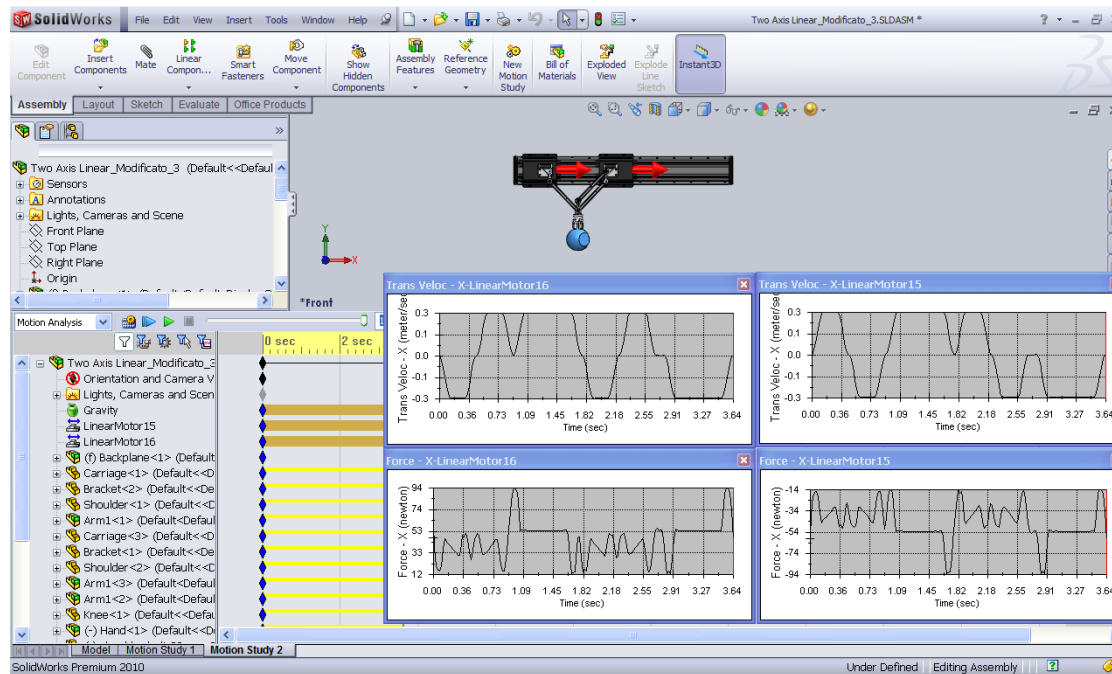
E' molto realistico in quanto nelle simulazioni che effettua tiene in considerazione molte variabili che possono essere parametrizzate, ad esempio è possibile considerare forze e resistenze aggiuntive, è possibile considerare il comportamento elastico di molle, aggiungere l'effetto della gravità sulle masse in movimento ed è inoltre possibile considerare anche gli attriti tra i componenti in movimento.



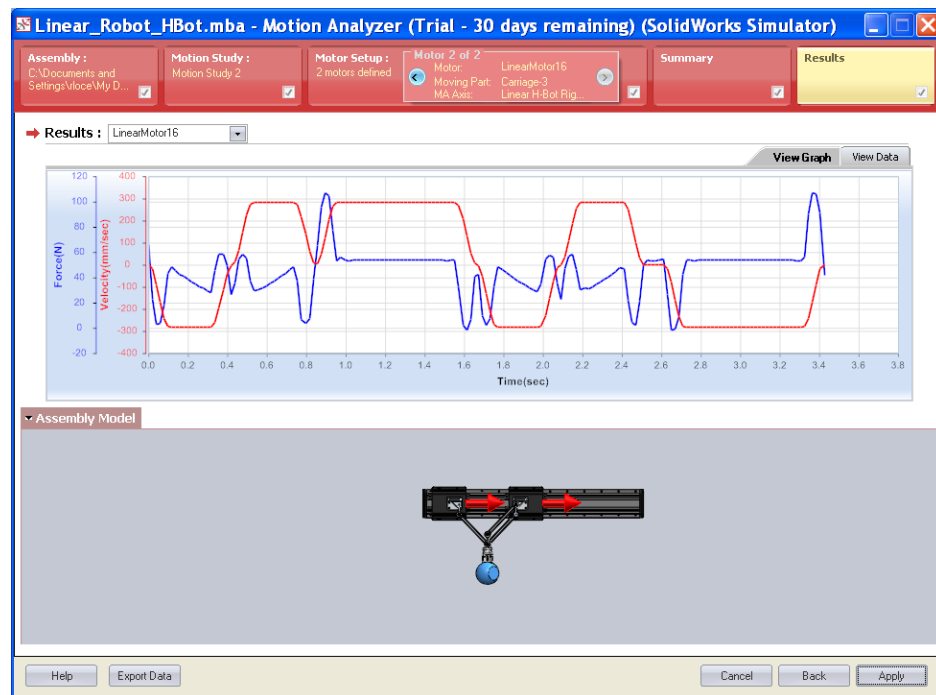
Grafici forza e velocità

Selezionare quali variabili desidero vengano plottate dal sistema e trasferite al software per il dimensionamento del motore. Nella nostra applicazione sono stati impostati i seguenti plot:

Motore destro	Motore sinistro
Linear velocity	Linear velocity
Applied force	Applied force



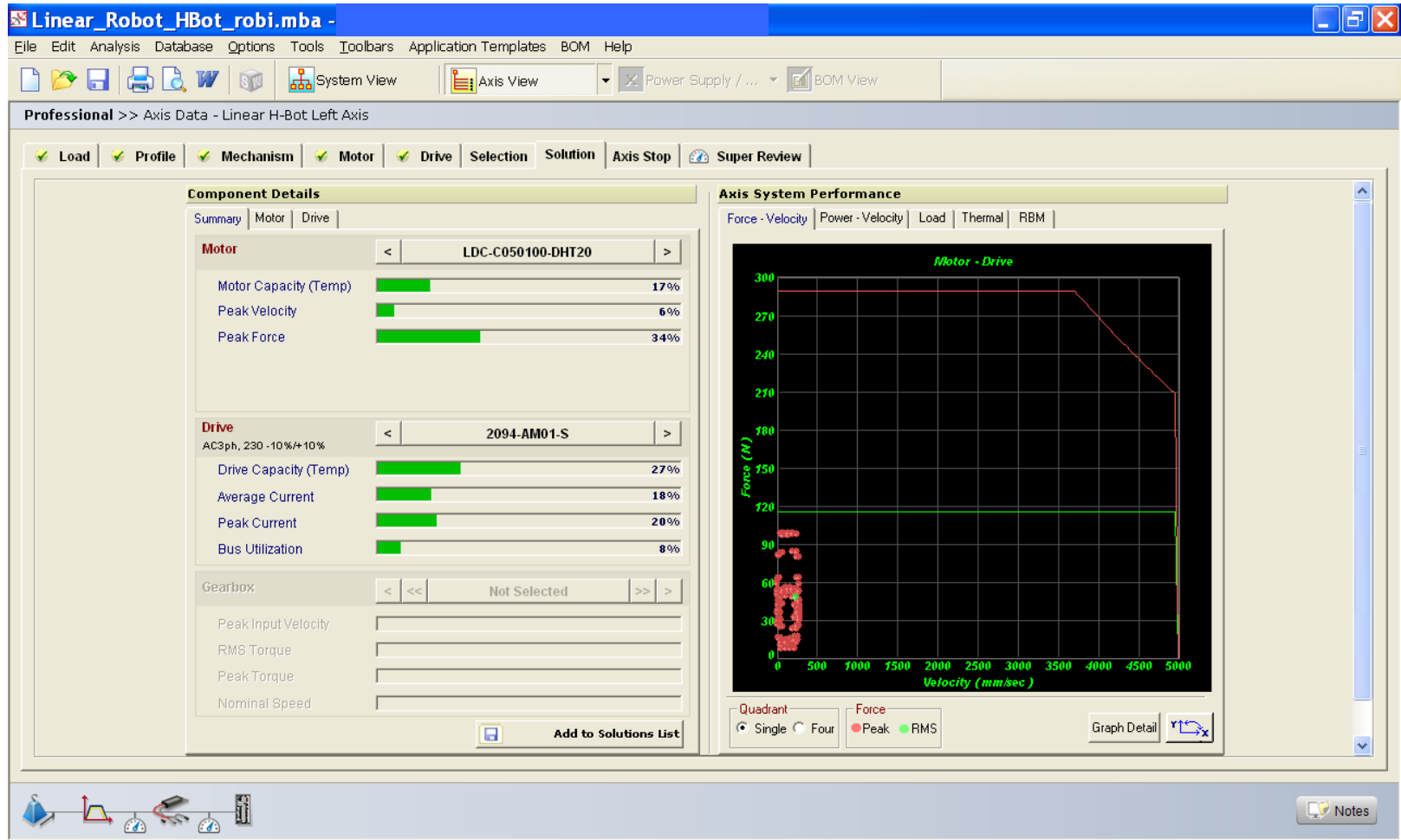
Scambio dati tra SolidWorks e tool di dimensionamento

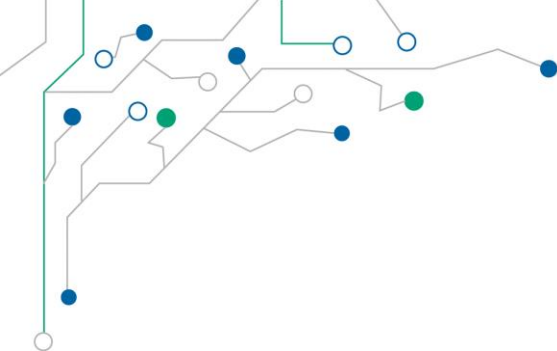


- Sequenza guidata nella selezione del motion study a cui si vuole associare l'analisi dimensionale.
- Associazione assi

Una volta completate queste pagine d'impostazione, i profili di velocità dei motori verranno trasferiti al CAD che farà l'analisi delle forze esercitate dal motore per far rispettare il profilo agli assi e completerà i grafici che precedentemente erano stati selezionati: Linear velocity e Applied force.

Risultato del dimensionamento





Risultati

I grafici riportano le seguenti variabili dell'asse sinistro:

- Posizione del motore
 - Velocità istantanea motore
 - Feedback di forza istantaneo
 - Carico percentuale della forza nominale del motore
- ✓ La corrente di picco da noi calcolata è del **34%**
il valore realmente misurato è di circa **33,8 %**.
 - ✓ Il carico motore Rms da noi calcolato è del **17%**
il valore realmente misurato è del **16,7%**

Utilizzo del profilo di moto ottimale nel software del controllore motion

☒ Distance 0 rev
☒ Velocity 0 rpm
☒ Acceleration 0 rpm/s
☒ Jerk 0 rad/se

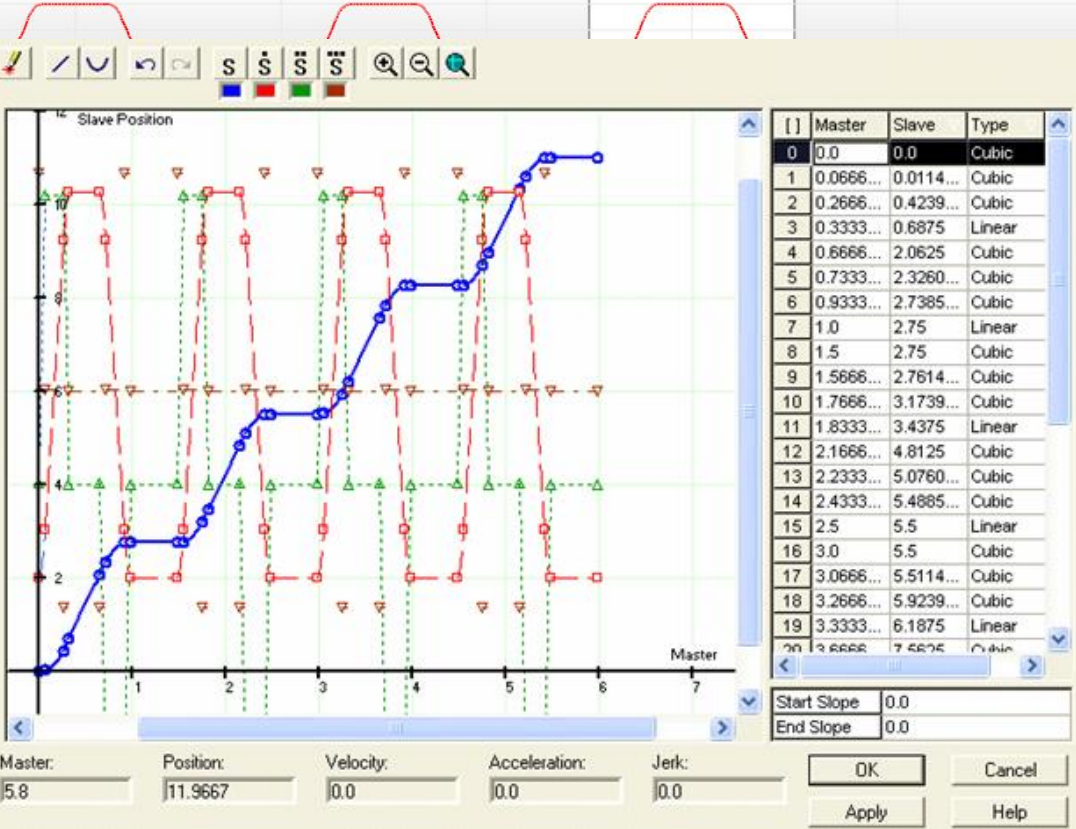
Profile Export Wizard

Type of Exports

Select the desired type of Export from the following

- ☒ Logix CAM Profile Editor
- ☐ Logix Ladder AOI Instructions
- ☐ SolidWorks Motion Study Move Profile
- ☐ User Defined

Profile generated as RSLogix CAM segments to 5000 Cam Profile Editor table via clipboard or



	Master	Slave	Type
0	0.0	0.0	Cubic
1	0.0666...	0.0114...	Cubic
2	0.2666...	0.4239...	Cubic
3	0.3333...	0.6875	Linear
4	0.6666...	2.0625	Cubic
5	0.7333...	2.3260...	Cubic
6	0.9333...	2.7385...	Cubic
7	1.0	2.75	Linear
8	1.5	2.75	Cubic
9	1.5666...	2.7614...	Cubic
10	1.7666...	3.1739...	Cubic
11	1.8333...	3.4375	Linear
12	2.1666...	4.8125	Cubic
13	2.2333...	5.0760...	Cubic
14	2.4333...	5.4885...	Cubic
15	2.5	5.5	Linear
16	3.0	5.5	Cubic
17	3.0666...	5.5114...	Cubic
18	3.2666...	5.9239...	Cubic
19	3.3333...	6.1875	Linear
20	3.6666...	7.6875	Cubic

Master: 5.8 Position: 11.9667 Velocity: 0.0 Acceleration: 0.0 Jerk: 0.0

Start Slope: 0.0 End Slope: 0.0

OK Cancel Apply Help

Utilizzo del profilo di moto ottimale nel software del controllore motion

AOI.CG_01_START_NEW_CAM			
AOI.CG_01_START_NEW_CAM	AOI.CG_01[5]	...	(EN)
Inp_Start_Slope	0.0		(PC)
Inp_Master_Start_Position	0.0		
Inp_Slave_Start_Position	0.0		
Ref_AOI.CG	AOI.CG		

AOI.CG_04_INDEX_Equal_Start_End_Slope			
AOI.CG_04_INDEX_Equal_Start...	AOI.CG_04[5]	...	(EN)
Cfg_Move_Type	AOI.CG.Move_Type_Incremental	??	(ER)
Inp_Master_Position	1.0		(PC)
Inp_Slave_Position	2.75		
Cfg_Velocity_Form_Factor	1.5		
Cfg_Accel_Jerk_percent_Time	40.0		
Cfg_Decel_Jerk_percent_Time	40.0		
Cfg_Maximum_Slope	9999999		
Cfg_Minimum_Slope	-9999999		
Rpt_Segment	??		
Rpt_ERR	??		
Ref_AOI.CG	AOI.CG		

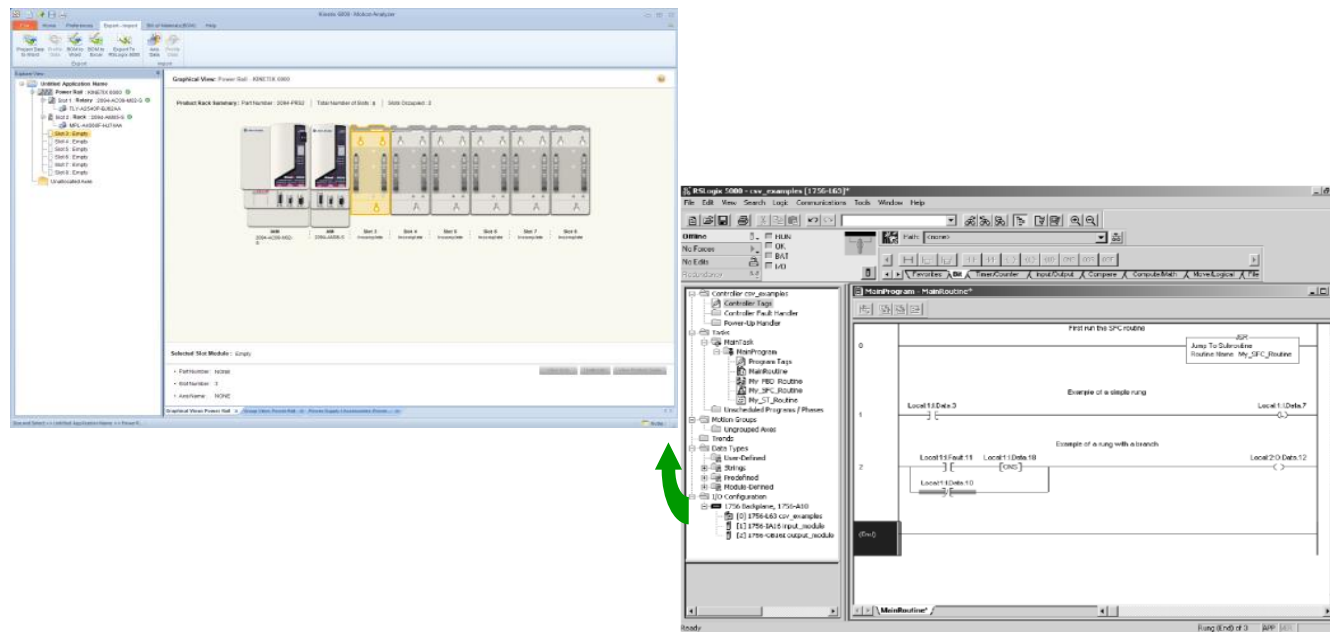
AOI.CG_02_CRUISE_or_DWELL			
AOI.CG_02_CRUISE_or...	AOI.CG_02[5]	...	(EN)
Cfg_Move_Type	AOI.CG.Move_Type_Incremental	??	(ER)
Cfg_Define	AOI.CG.Define_MP	??	(PC)
Inp_Master_Position	0.5		
Inp_Slave_Position	0.0		
Rpt_Segment	??		
Rpt_ERR	??		
Ref_AOI.CG	AOI.CG		

AOI.CG_04_INDEX_Equal_Start_End_Slope			
AOI.CG_04_INDEX_Equal_Start...	AOI.CG_04[5]	...	(EN)
Cfg_Move_Type	AOI.CG.Move_Type_Incremental	??	(ER)
Inp_Master_Position	1.0		(PC)
Inp_Slave_Position	2.75		
Cfg_Velocity_Form_Factor	1.5		
Cfg_Accel_Jerk_percent_Time	40.0		
Cfg_Decel_Jerk_percent_Time	40.0		
Cfg_Maximum_Slope	9999999		

Il profilo “testato” con il tool di dimensionamento può essere trasferito nel software del controllore in forma di istruzioni parametrizzabili dall’utente e quindi modificabili durante il runtime.

Integrazione con il software PLC

- Funzioni di import ed export
- Dati del sistema motion trasferiti come file per il PLC



Veloce ed affidabile scambio dati tra il software PLC e il tool di dimensionamento



LISTEN.
THINK.
SOLVE.SM

Grazie per l'attenzione!