

DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

Ingegnerizzazione della trazione elettrica

Utilizzare un flusso di lavoro integrato con modelli multifisici per massimizzare le prestazioni, l'autonomia, la sicurezza e il piacere di guida

Sintesi

Sebbene l'assemblaggio di una trazione elettrica sia più semplice, leggero ed efficiente rispetto a una trasmissione con motore a combustione interna, presenta enormi sfide tecnologiche che richiedono nuovi campi di competenza e mentalità innovative. La domanda è: come rimanere competitivi e restare al passo con le richieste dei consumatori, lanciandosi rapidamente sul mercato con una gamma completa di veicoli elettrici (EV) a lungo raggio, sicuri e confortevoli?

Questo white paper propone un flusso di lavoro integrato per l'ingegnerizzazione della trazione elettrica. Approcciare la progettazione e l'ingegneria come un ecosistema completo consente ai produttori di riprogettare e riutilizzare rapidamente il flusso di lavoro al variare dei requisiti. Inoltre, permette loro di scambiare attributi tra più domini per soddisfare i requisiti rimanendo connessi con il sistema di gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM) per garantire che le modifiche apportate in un dominio si riflettano nell'intero sistema.

Indice

Introduzione	3
Un flusso di lavoro integrato per lo sviluppo di trazioni elettriche	4
Ingegneria connessa	4
Sviluppo di un flusso di lavoro automatizzato	4
Modelli a ordine ridotto per hardware-in-the-loop	8
Integrazione del flusso di lavoro di progettazione con i requisiti	9
Riutilizzo dei flussi di lavoro per una rapida riprogettazione	10
Conclusione	11

Introduzione

Gli esperti di software e hardware Simcenter™ di Siemens Digital Industries Software hanno costruito relazioni di lunga data con produttori di apparecchiature originali (OEM) e fornitori automobilistici in tutto il mondo, quindi è naturale per le aziende automobilistiche rivolgersi a Simcenter per risolvere varie sfide ingegneristiche di trazione elettrica, tra cui la simulazione di fenomeni specifici e la previsione dell'elettromagnetismo del motore, del rumore, del trasferimento di calore e delle sollecitazioni.

Sulla base di ciò, si possono fare tre osservazioni che aiutano i produttori a sviluppare robusti progetti di trazione elettrica che massimizzano l'autonomia, il comfort, le prestazioni e la sicurezza con un'ottimizzazione multi-attributo in tutti i sistemi.



Figura 1. Affrontare la progettazione di un'unità di trazione elettrica come un flusso di lavoro integrato consente ai produttori di rimanere rilevanti, restare al passo con le richieste dei consumatori e arrivare sul mercato più velocemente.

Innanzitutto, il processo di simulazione complessivo deve essere più veloce per tenere il passo con il breve ciclo di progettazione richiesto dal mercato. Questi strumenti di simulazione non sempre comunicano tra loro e il processo manuale di collegamento di un output all'input di un altro è lento e soggetto a errori. Ciò che è necessario è un flusso di lavoro integrato per la progettazione di ogni sistema. Questo approccio collega i set di strumenti e consente ai dati di fluire senza soluzione di continuità, in modo che l'utente possa concentrarsi sulla progettazione e sul rapido riutilizzo dei flussi di lavoro al variare dei requisiti.

In secondo luogo, è difficile prevedere con precisione alcuni sottosistemi complessi, come l'unità di trazione elettrica, non perché la fisica degli strumenti sia inadeguata, ma perché la risposta corretta dipende da modelli multifisici. I produttori devono riunire gli effetti dell'elettromagnetismo, delle vibrazioni meccaniche, del trasferimento di calore e delle interazioni fluido-struttura per prevedere la risposta corretta.

In terzo luogo, lavorare con team globali ed eseguire un gran numero di programmi di veicoli in parallelo significa perdere molto tempo a trovare i dati giusti per l'analisi. Le grandi dimensioni dell'azienda, che offrono i vantaggi della scalabilità per la produzione, sono diventate un ostacolo quando si tratta di dati. I produttori devono rimanere integrati con un'unica fonte di attendibilità nei dati.

Questo white paper affronta la progettazione e l'ingegnerizzazione di un'unità di trazione elettrica come flusso di lavoro integrato. Consente ai produttori di:

- Scambiare gli attributi tra più domini, tra inverter, trasmissione e motore per sviluppare il design ottimale che soddisfi i requisiti
- Riprogettare rapidamente la trazione elettrica e dei suoi componenti e riutilizzare i flussi di lavoro quando i requisiti cambiano
- Assicurarsi che la versione più recente dei dati venga utilizzata per l'analisi rimanendo connesso a una piattaforma PLM

Un flusso di lavoro integrato per lo sviluppo di trazioni elettriche

Una trazione elettrica è un insieme compatto di tre componenti principali: un motore, un inverter e una trasmissione. Questo assemblaggio è più semplice, più leggero e più efficiente di una trasmissione con motore a combustione interna. Tuttavia, presenta enormi sfide tecnologiche, che richiedono nuovi campi di competenza e mentalità ingegneristiche innovative: Il flusso di lavoro integrato include un ecosistema completo per lo sviluppo di trazioni elettriche per fornire rapidamente il prodotto ottimale.

Ingegneria connessa

Le sfide della progettazione di una trazione elettrica non si limitano all'efficienza e alle prestazioni di ciascun componente. È essenziale comprendere il funzionamento di ciascun sottosistema singolarmente e insieme come parte del sistema integrato. I migliori progetti soddisfano i requisiti di prestazioni e contemporaneamente considerano i compromessi e l'ottimizzazione tra questi requisiti. Pertanto, il flusso di lavoro di progettazione proposto inizia con i requisiti del veicolo. Questo primo passo è essenziale per garantire che i requisiti vadano oltre i requisiti basati sulle prestazioni come efficienza, coppia e rumorosità e soddisfino requisiti programmatici come costi, imballaggio e producibilità.

Il flusso di lavoro attraversa ogni fase del ciclo di progettazione, dal dimensionamento della trazione

elettrica e dalla progettazione dei singoli componenti all'integrazione e alla generazione di modelli di ordine ridotto (ROM) per Software-in-the-Loop, Hardware-in-the-Loop e Vehicle-in-the-Loop (XiL). In definitiva, i parametri di prestazione del progetto finale possono essere verificati rispetto ai requisiti per garantire che sia stato raggiunto il miglior design.

Discutiamo i tre pilastri chiave che beneficiano di una progettazione integrata del flusso di lavoro della trazione elettrica.

Sviluppo di un flusso di lavoro automatizzato

Gli ingegneri beneficiano di un flusso di lavoro che integra gli strumenti eterogenei utilizzati per la progettazione del motore. Garantisce che gli effetti multifisici siano completamente acquisiti e che i progetti derivati da questi calcoli siano accurati.

Tuttavia, potrebbero esserci modi più efficienti per sviluppare l'automazione rispetto a un approccio di co-simulazione che consiste nel collegare direttamente due strumenti con uno script per acquisire la multifisica. È troppo ingombrante mantenere il collegamento di co-simulazione tra due strumenti con versioni in continua evoluzione, e molte volte c'è la necessità di integrare più strumenti in uno.

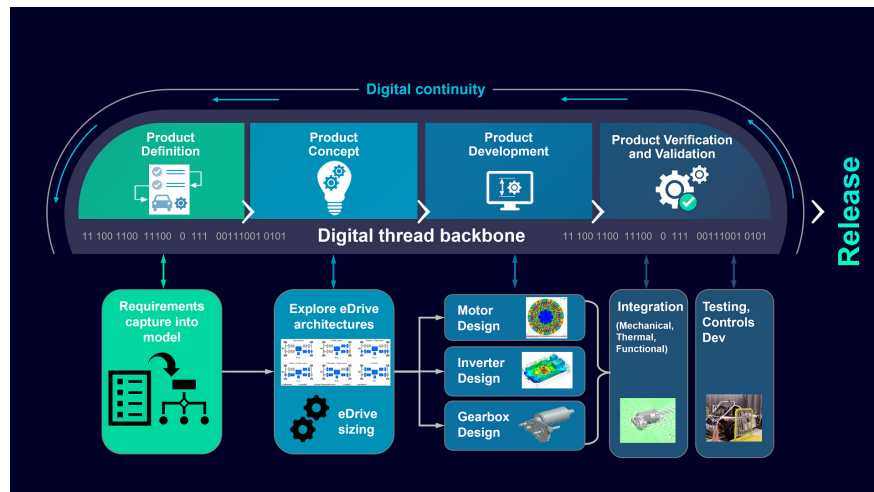


Figura 2. Il flusso di lavoro integrato considera l'ingegneria della trazione elettrica, dalla definizione del prodotto e dai requisiti del veicolo all'integrazione e alla validazione del veicolo.

L'utilizzo del software HEEDS™ consente l'automazione del flusso di lavoro. Dispone di un ampio elenco di interfacce sviluppate per strumenti commerciali di progettazione assistita da computer (CAD) e ingegneria assistita da computer (CAE) e integra rapidamente e facilmente molte tecnologie senza script personalizzati. I dati sono automaticamente condivisi tra i prodotti di modellazione e simulazione per valutare i compromessi a livello di prestazioni e l'affidabilità del progetto.

Progettazione del motore elettrico

Il motore elettrico deve alimentare il veicolo lungo vari cicli di guida e situazioni, gestendo al contempo i requisiti di calore, rumore e costi. Sebbene la

simulazione del sistema consenta all'utente di simulare in modo efficiente le prestazioni multifisiche del motore in tutti questi casi, non consente la progettazione geometrica dettagliata del motore elettrico.

Nelle prime fasi dello sviluppo del motore elettrico, HEEDS può essere collegato al modello di sistema software Simcenter Amesim™ con il modello basato su modelli software Simcenter Motorsolve™. Esegue un'analisi di esplorazione spaziale del progetto che identifica i migliori candidati di progettazione tra migliaia in poche ore, tenendo conto delle prestazioni analitiche elettromagnetiche, termiche e di rumore, vibrazioni e durezza (NVH).

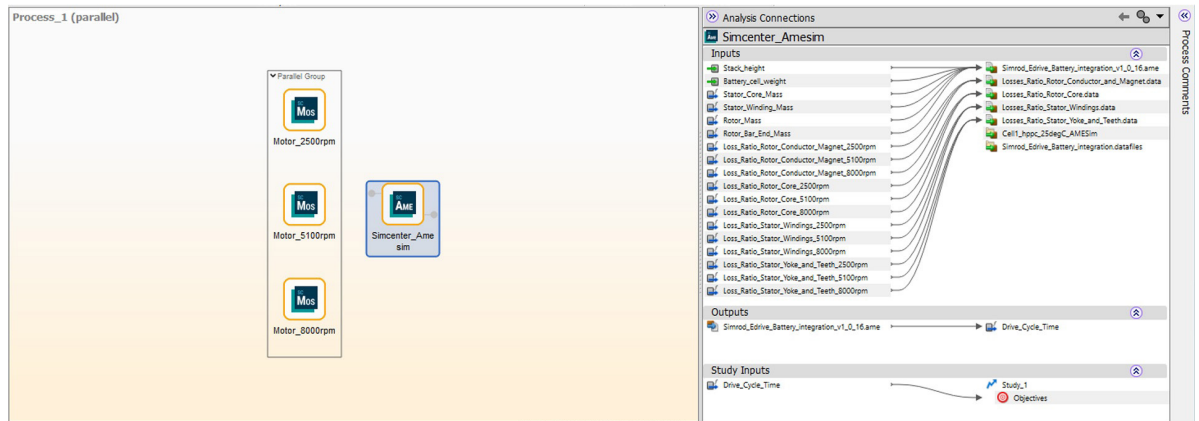


Figura 3. Lo studio di Simcenter Motorsolve e Simcenter Amesim dell'esplorazione spaziale del design geometrico di un motore elettrico tiene conto di tutti i cicli di trazione.

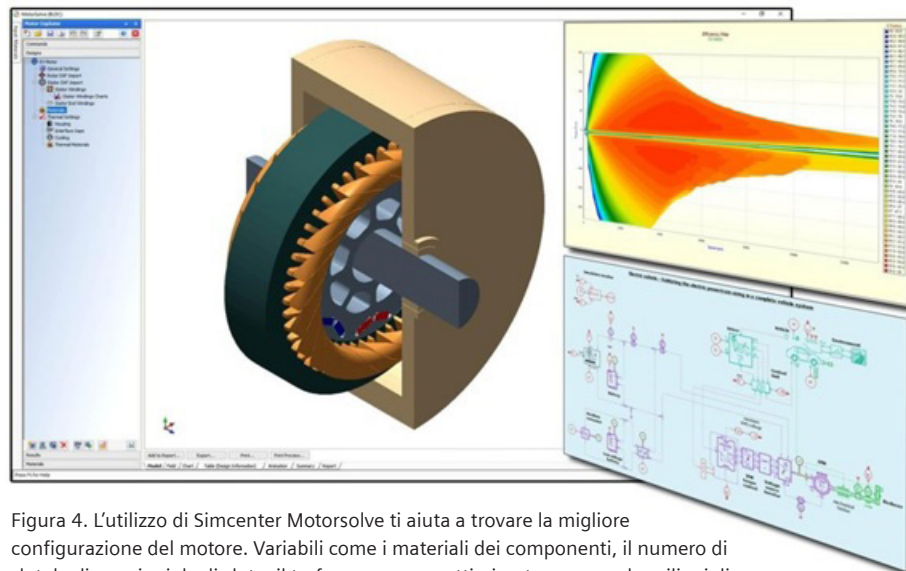


Figura 4. L'utilizzo di Simcenter Motorsolve ti aiuta a trovare la migliore configurazione del motore. Variabili come i materiali dei componenti, il numero di slot, le dimensioni degli slot o il traferro vengono ottimizzate eseguendo milioni di simulazioni.

Il modello Simcenter Motorsolve genera automaticamente un modello dettagliato di motore elettrico basato su CAD. L'utilizzo di Simcenter consente all'utente di integrare funzionalità elettromagnetiche, NVH e di ingegneria termica avanzate in un ambiente basato su CAD, consentendo una validazione approfondita del motore rispetto a tutti questi elementi fisici. Infine, questo modello CAD e i risultati CAE vengono riutilizzati successivamente nel processo di sviluppo di eDrive per scopi di integrazione: i carichi elettromagnetici, le fonti di rumore e le temperature vengono applicati senza soluzione di continuità come condizioni al contorno del digital twin completo di eDrive.

Progettazione dell'inverter

I clienti spesso trovano l'inverter il componente più difficile da progettare. Migliorando costantemente l'efficienza e la semplicità, l'inverter è sempre più compatto e integrato con il resto della trazione elettrica. Significa che l'inverter si evolve in un ambiente termico e meccanico molto più rigoroso, portando eventualmente a problemi di affidabilità.

I progettisti di inverter spesso non dispongono delle conoscenze di simulazione multifisica necessarie per ottimizzare e verificare l'integrazione elettrica, meccanica e termica dell'inverter, con conseguenti processi di simulazione lunghi e scollegati e che coinvolgono molti ingegneri che spesso lavorano in aziende diverse.

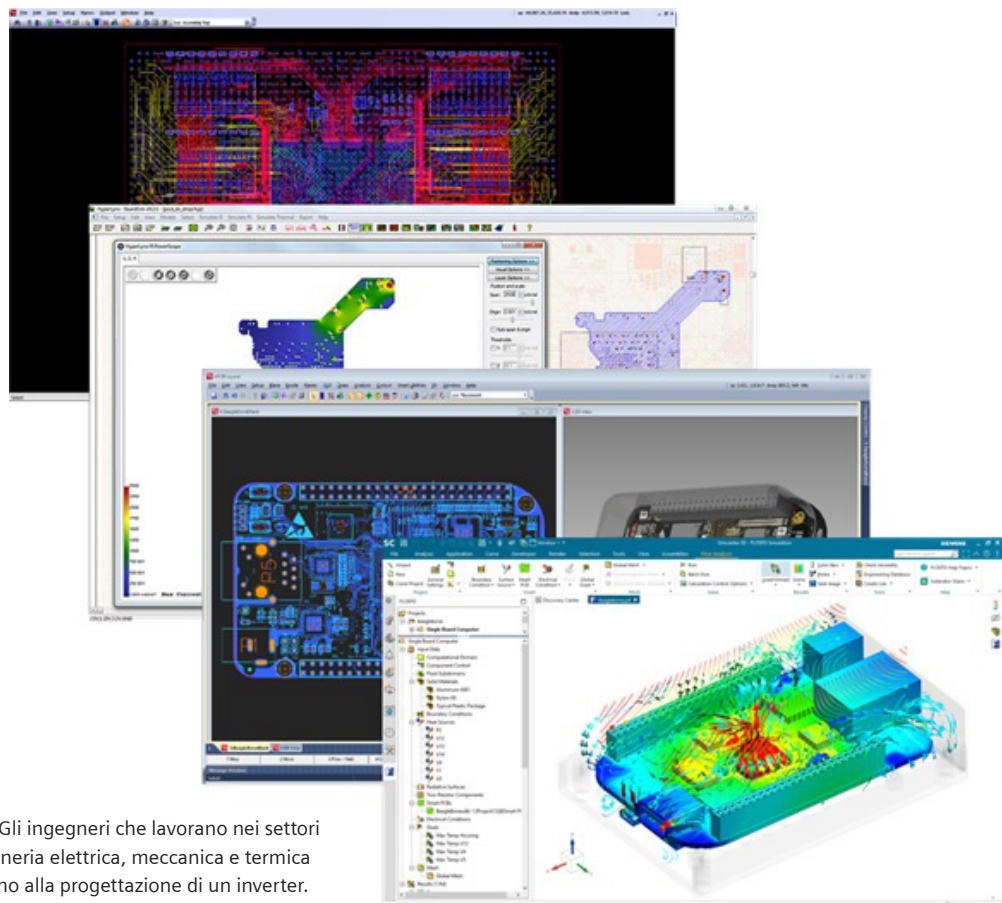


Figura 5. Gli ingegneri che lavorano nei settori dell'ingegneria elettrica, meccanica e termica collaborano alla progettazione di un inverter.

Analogamente al flusso di lavoro del motore elettrico, esiste un flusso di lavoro secondario per i progetti di inverter. Utilizzando il software Xpedition™, una piattaforma CAD elettrica, vengono sviluppati i circuiti stampati (PCB) dell'inverter. Vengono automaticamente trasformati in CAD meccanici nel software NX™. Il modello CAD risultante viene assemblato con gli altri componenti dell'inverter. Le valutazioni termiche e meccaniche dettagliate vengono eseguite collegando il software Simcenter FLOEFD™ e le funzionalità Simcenter 3D.

Progettazione della trasmissione

Il processo di modellazione e parametrizzazione di un intero sistema di trasmissione in un ambiente di simulazione multibody non è nuovo, ma può essere noioso. Questo processo può richiedere diversi giorni quando si utilizzano soluzioni tradizionali.

Durante la progettazione del cambio tramite il flusso di lavoro secondario e il software Simcenter

3D Transmission Builder, gli ingegneri passano dalla progettazione iniziale alle simulazioni accurate nel giro di un'ora.

Richiede meno competenze da parte dell'utente, aumentando significativamente la produttività nella configurazione del modello di simulazione multibody. Questo prodotto genera automaticamente un CAD e un modello multibody della trasmissione in base alle variabili (denti, albero, ingranaggi, materiali, ecc.), consentendo analisi meccaniche, acustiche e termiche avanzate della trasmissione.

Utilizzando la piattaforma Simcenter 3D, i modelli CAD/CAE e i risultati della simulazione multibody transitoria possono essere assemblati senza problemi con altri componenti di trazione elettrica, elettromagnetismo e carichi meccanici per valutare le prestazioni multifisiche integrate.

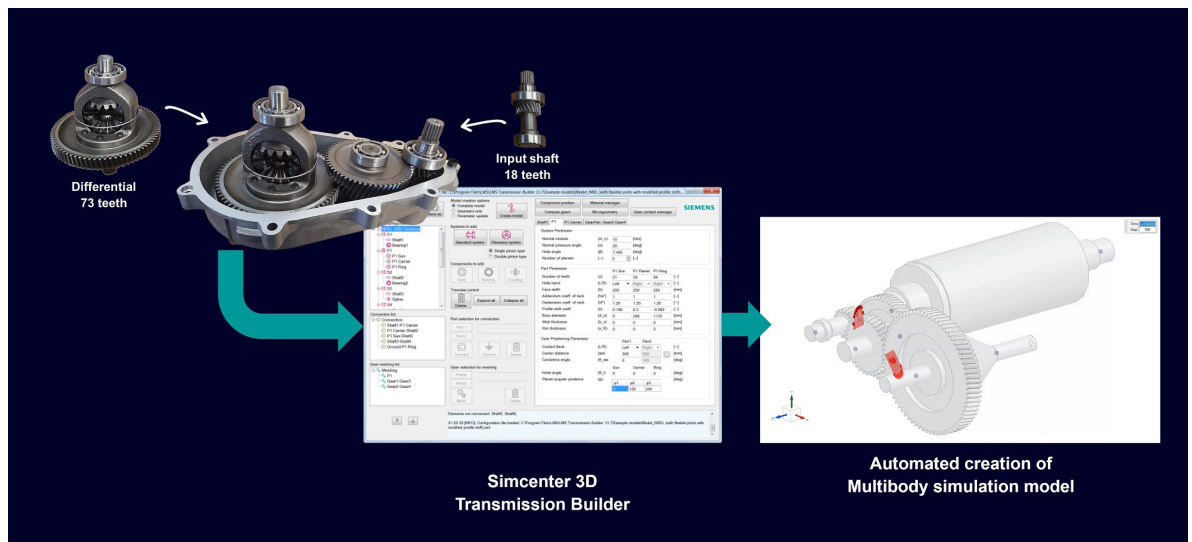


Figura 6. Crea modelli di trasmissione rapidi e precisi con il software Simcenter 3D Transmission Builder.

Modelli con ordine ridotto per l'hardware-in-the-loop

Una volta integrati il motore elettrico, l'inverter e il riduttore, vengono generate le ROM per progettare e ottimizzare i controlli del motore con simulazione in tempo reale. Una ROM semplifica un modello

statico o dinamico ad alta fedeltà che preserva il comportamento essenziale e gli effetti dominanti per ridurre il tempo di soluzione o la capacità di archiviazione necessari per il modello più complesso. Questo può essere applicato per XiL. In questo

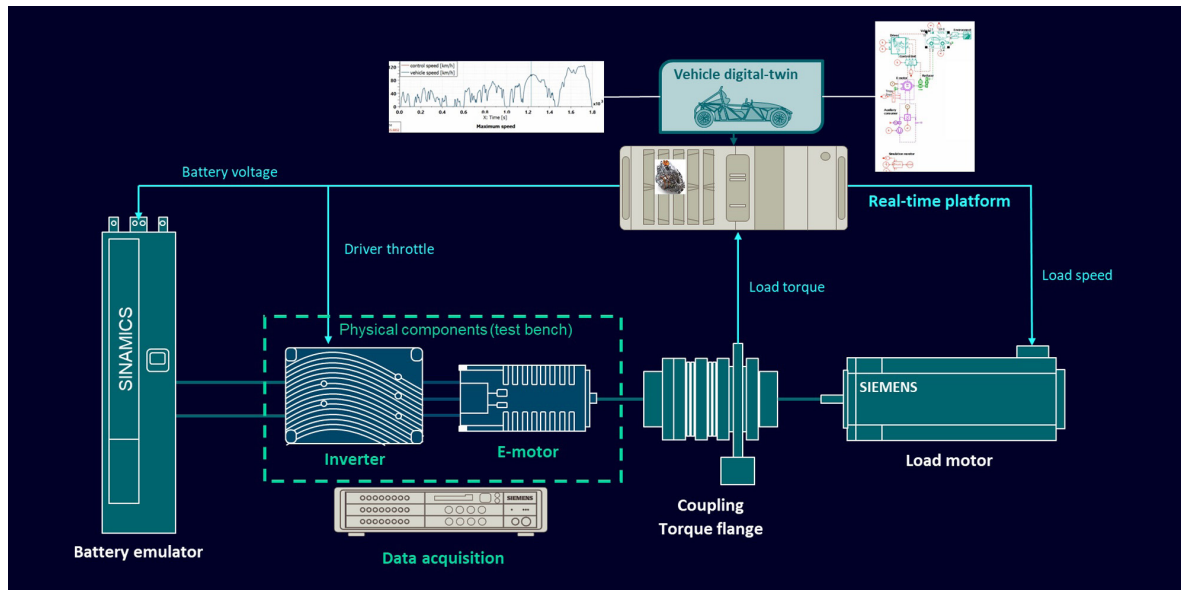


Figura 7. Il digital twin del veicolo elettrico guida il test fisico per validare le prestazioni e i controlli della trazione elettrica.

esempio viene illustrato il flusso di lavoro integrato per l'hardware-in-the-loop (HiL).

Successivamente, i modelli in ordine ridotto vengono combinati e sostituiti con prototipi per ogni componente, mentre i modelli ibridi vengono utilizzati per perfezionare, verificare e validare i controlli. Infine, l'intero veicolo viene validato con test su strada.

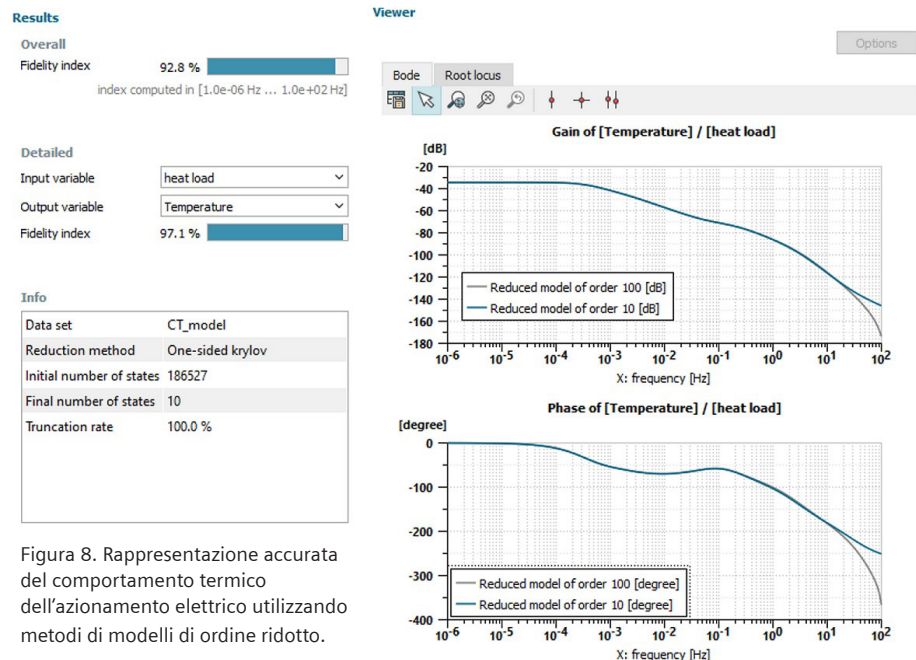


Figura 8. Rappresentazione accurata del comportamento termico dell'azionamento elettrico utilizzando metodi di modelli di ordine ridotto.

Integrazione del flusso di lavoro di progettazione con i requisiti

Lo sviluppo del digital twin di trazione inizia con i requisiti per il veicolo. Ad esempio, i requisiti di livello del veicolo per il veicolo Simrod erano:

- La trasmissione deve alimentare il Simrod attraverso un Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle (WLTC) completo
- Mantenere una temperatura accettabile per il motore e l'inverter (< 110 °C)
- Mantenere un basso livello di rumorosità
- Il veicolo deve accelerare da 0 a 40 km/h in 2,5 secondi e da 0 a 60 km/h in 4 secondi

- Deve essere in grado di partire con una pendenza del 30%

I requisiti vengono applicati come obiettivi di esplorazione spaziale del progetto tramite HEEDS e guidando un modello completo del sistema del veicolo in Simcenter Amesim. Questa analisi consente di identificare l'architettura della trasmissione elettrica e di definire i requisiti specifici per i team di sviluppo del motore elettrico, della trasmissione e dell'inverter.

Come mostrato nella figura 6, i risultati del progetto vengono reinseriti nel sistema PLM per verificare che il progetto abbia superato tutti i requisiti stabiliti all'inizio del progetto.

Con una serie di requisiti sempre più complessi per il veicolo definito dal software, il program manager deve tenere traccia degli indicatori chiave di prestazione (KPI) lungo il ciclo di sviluppo, dalla definizione iniziale del concetto virtuale alla produzione, e garantire che questo ecosistema funzioni come un unico gruppo sullo stesso set di dati. Deve collaborare con gli ingegneri responsabili di altri sistemi, come la batteria, la gestione termica dei veicoli elettrici e la rete elettrica, per garantire che le modifiche dei parametri per i sistemi di azionamento elettrico siano prese in considerazione negli altri sistemi.

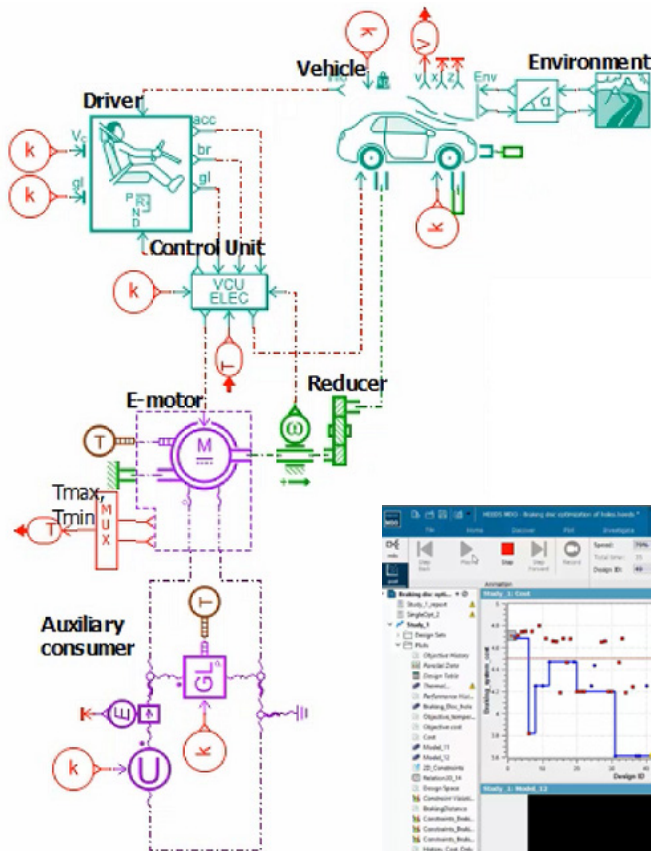


Figura 9. Un modello 1D del gruppo motopropulsore in Simcenter Amesim per valutare le prestazioni di ogni architettura.

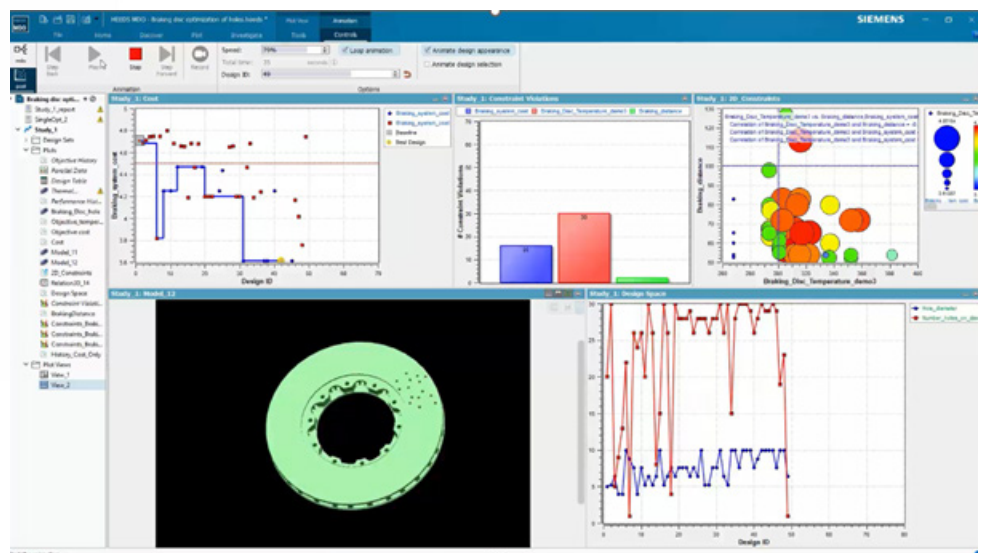


Figura 10. Studio di esplorazione spaziale del progetto di un disco frenante.

Riutilizzo dei flussi di lavoro per una rapida riprogettazione

Il valore dell'integrazione del software Teamcenter® e di un flusso di lavoro di progettazione connesso è la possibilità di riutilizzare rapidamente il flusso di lavoro di progettazione all'evolvere dei requisiti. Quando un requisito cambia per migliorare la competitività del prodotto o cambia negli altri sottosistemi, questo collegamento diretto tra il flusso di lavoro PLM e CAE trasferisce automaticamente i requisiti a ciascun team. L'automazione del flusso di lavoro consente

all'utente di adattare rapidamente tutti i modelli, ottimizzarli per soddisfare i requisiti e inviare i risultati aggiornati alla gestione del programma.

Simcenter con HEEDS, NX, Teamcenter ed Xpedition fanno parte di Siemens Xcelerator, il portfolio completo e integrato di software, hardware e servizi.

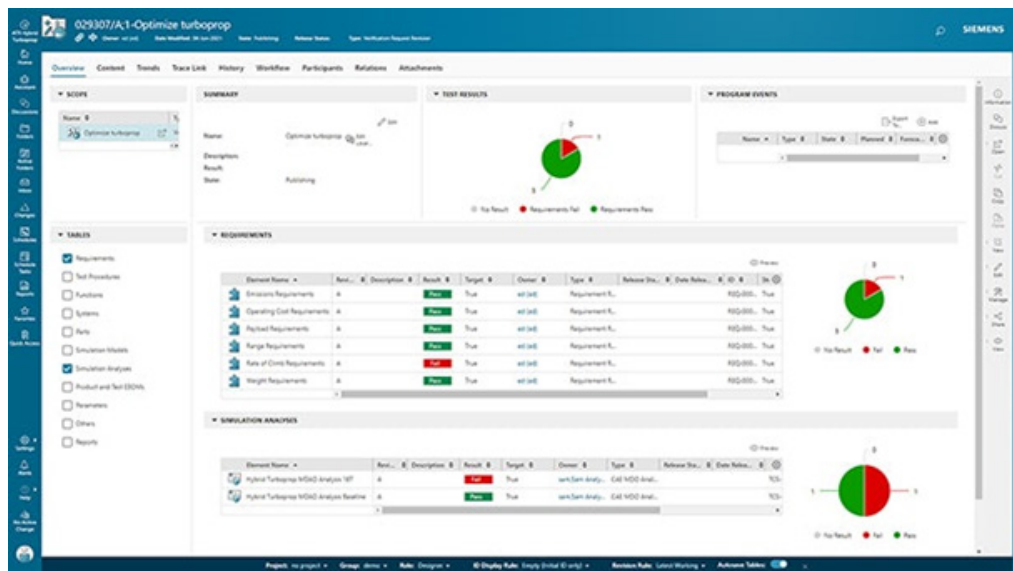


Figura 11. La scorecard di progettazione finale in Teamcenter for Simulation evidenzia i requisiti che sono stati superati in verde e i requisiti che non sono stati superati in rosso.

Conclusione

Invece di concentrarsi su un solo strumento e sulla sua precisione nella previsione di un parametro, si ottengono significativi guadagni di efficienza grazie alle ottimizzazioni cross-domain e a un time-to-market più rapido quando ci si avvicina all'ingegneria della trazione elettrica con un approccio integrato al flusso di lavoro.

Un ecosistema collaborativo e flessibile massimizza le prestazioni dei prodotti, l'autonomia, la sicurezza e il piacere di guida. In breve, aiuta i produttori a fornire rapidamente il miglior prodotto possibile, consentendo:

- Riprogettazione e riutilizzo rapidi del flusso di lavoro al variare dei requisiti
- Scambio di attributi tra più domini: tra inverter, riduttore e motore per sviluppare il design ottimale che soddisfi i requisiti
- Rimanere connessi con il sistema PLM per garantire l'utilizzo della versione più recente dei dati

Questo approccio può essere utilizzato con strumenti eterogenei. Il consolidamento degli strumenti offre una buona connettività e riduce i costi di acquisto e manutenzione del software. Inoltre, gli effetti multifisici sono totalmente acquisiti e i progetti derivati da questi calcoli sono accurati.

Siemens Digital Industries Software

Americhe: 1 800 498 5351

EMEA: 00 800 70002222

Asia-Pacífico: 001 800 03061910

Altri numeri sono disponibili [qui](#).

Siemens Digital Industries Software aiuta le aziende di tutte le dimensioni ad avviare un percorso di trasformazione digitale utilizzando il software, l'hardware e i servizi della piattaforma Siemens Xcelerator. Il software e il digital twin esteso di Siemens consentono alle aziende di ottimizzare i processi di progettazione, ingegnerizzazione e produzione per trasformare le idee di oggi nei prodotti sostenibili di domani. Dai chip ai sistemi, dai prodotti ai processi, in tutti i settori industriali, Siemens permette di creare oggi i prodotti di domani. [Siemens Digital Industries Software](#) – Accelerating transformation.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2023 Siemens. Un elenco di brand Siemens è disponibile [qui](#).
Tutti gli altri marchi commerciali, marchi registrati o marchi di servizio appartengono ai rispettivi detentori.

85275-D3-IT 11/24 LOC