

Articolo divulgativo

Corsa all'innovazione: feedback digitale della posizione per il Team Land Rover BAR di America's Cup

Le imbarcazioni ACC (America's Cup Class) adottano un tipo di vela innovativo, denominato "vela alare", che funziona come l'ala di un aereo e solleva l'imbarcazione per spingerla in avanti. L'ala adottata dal catamarano "Rita" di Land Rover BAR (nome in codice: R1) ha un'area di 103 m² e una lunghezza di 23,5 m, dimensioni paragonabili alle ali di un Airbus A320. Inutile dire che la progettazione e la costruzione di un'enorme ala piena di componenti mobili e che deve risultare allo stesso tempo robusta e leggera, richiedono una grande quantità di sfide da affrontare. L'R1 è un catamarano che sfrutta tecnologie avanzatissime per riuscire letteralmente a volare sull'acqua utilizzando una coppia di aliscafi. Questo design ha rivoluzionato il mondo delle regate veliche, portandolo a un livello di spettacolarità mai visto prima.

Renishaw, l'azienda leader mondiale nelle tecnologie di misura, fa parte del Technical Innovation Group di Land Rover BAR. L'obiettivo del gruppo è di combinare tutto il meglio dell'industria ingegneristica britannica, per riuscire a vincere l'America's Cup. Si tratta di una sfida che non ha eguali nel mondo delle regate veliche.

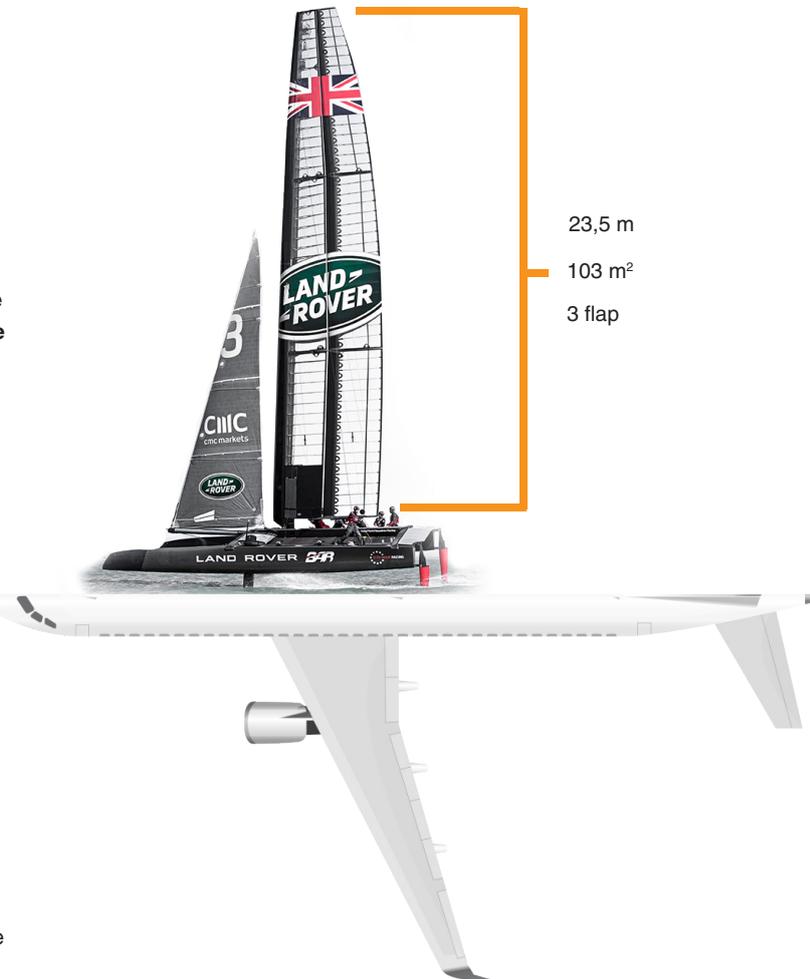
Sull'R1, tutte le superfici di controllo sono attivate da attuatori idraulici. La pressione idraulica viene fornita dal lavoro dei membri dell'equipaggio chiamati "grinder", che agiscono su speciali verricelli. Quando il team Land Rover BAR si è reso conto che la manovrabilità del catamarano poteva essere compromessa dalla complessità del percorso di carico fra l'attuatore e la superficie da controllare, ha contattato Renishaw per trovare una soluzione per misurare direttamente gli spostamenti della vela.

Il team tecnico capitanato dal dott. Finlay Evans ha progettato uno speciale sensore di posizione (encoder) per le superfici di controllo dell'ala che fornisce un feedback diretto ed estremamente affidabile. Questa soluzione aiuta il timoniere e il resto dell'equipaggio a governare l'imbarcazione con maggiore precisione e consente di ottenere dati prestazionali di alta qualità durante le fasi di sviluppo e allenamento.

Il dott. Evans spiega...

Qual è il tuo background in Renishaw?

Lavoro in Renishaw da 17 anni e attualmente sono un Technical Leader. Sono un ingegnere meccanico e il mio campo di specializzazione è la dinamica. In passato mi sono occupato molto di Ricerca e sviluppo. Sono sempre stato interessato alle nuove idee e alle tecnologie innovative ed è per questa ragione che mi sono appassionato al progetto Land Rover BAR.



Confronto fra l'R1 di Land Rover BAR e un Airbus A320

Cosa rappresenta per te Renishaw?

Renishaw è un'azienda unica nel suo genere, con quarant'anni di storia e una solida posizione di leadership nel campo dell'ingegneria. È un luogo straordinario dove lavorare e quando si parla di design e manufacturing rappresenta l'eccellenza. Non deve quindi stupire che Land Rover BAR si sia rivolto a noi per risolvere il suo problema.

Dove sono posizionati gli encoder nel catamarano R1 e qual è il loro ruolo?

Ci sono quattro encoder posti sull'ala principale: Uno è nella parte superiore, due nel corpo principale dell'ala e il quarto nella parte inferiore. È poi presente un quinto encoder situato alla base dell'albero. Gli encoder dell'ala misurano la torsione dei flap dall'alto al basso, mentre quello posto sull'albero determina l'angolo di attacco dell'intero gruppo alare. Inoltre, vi sono altri due encoder sul fondo dello scafo che misurano le posizioni dei timoni di babordo e tribordo.

Queste imbarcazioni possono raggiungere velocità fino a 100 km/h, producendo una grande quantità di spruzzi da impatto. Data la lunga permanenza in acque salate e il regolare contatto con l'acqua di mare è indispensabile che i sensori e le elettroniche degli encoder siano molto resistenti, soprattutto quelli più vicini al pelo dell'acqua.

Come funzionano i flap dell'ala?

Una vela tradizionale è composta da un telo curvo, fissato su un albero, che cattura il flusso dell'aria. Le caratteristiche aerodinamiche di una vela alare sono invece simili a quelle di un aereo, con un flap che ruota nelle varie direzioni in funzione dell'angolazione del vento rispetto alla direzione desiderata. Sono presenti tre flap principali che vengono attivati mediante quelle che noi chiamiamo "hammerhead" ovvero piastre di controllo che vengono orientate a destra o a sinistra da cavi interni di controllo. Per quanto riguarda gli encoder, una riga ad arco parziale viene montata sulla parte mobile del flap, mentre la testa del sensore è installata all'interno della costola dell'ala. Per il timone abbiamo usato la stessa tecnologia e gli stessi blocchi costruttivi, al fine di ottenere un risultato simile.



Encoder installati sulla piastra di controllo dei flap

Perché gli encoder sono stati posizionati sulle superfici di controllo?

Gli attuatori vengono utilizzati per spostare le superfici di controllo, ma non si trovano necessariamente nella stessa posizione delle superfici, perché le forze di attuazione vengono trasferite mediante delle funi. Inizialmente, per le misure di posizione si usavano gli attuatori, che però erano spesso lontani e richiedevano molti interventi per garantire la conformità fra il meccanismo dell'attuatore e la superficie di controllo.

Piazzando gli encoder direttamente sulla superficie di controllo o nelle immediate vicinanze è possibile ottenere letture molto accurate della posizione angolare della superficie stessa.

Perché la scelta è caduta sugli encoder magnetici anziché di altro tipo, come ad esempio quelli ottici?

L'utilizzo in mare presenta condizioni estreme, almeno per quanto riguarda gli encoder. Potevamo scegliere se utilizzare una tecnologia ottica o magnetica, ma tenendo presenti le condizioni ambientali, con venti elevati e acqua salata, una soluzione ottica aperta avrebbe creato non pochi problemi, perché il percorso ottico deve rimanere sempre libero e senza ostruzioni. Alla luce dei fatti, gli encoder magnetici rappresentavano l'unica via percorribile, perché possono essere sigillati per garantire una migliore resistenza alle contaminazioni, fattore che in questo caso risultava indispensabile.



Il catamarano R1 in Bermuda

Uno dei motivi principali della nostra scelta è stata proprio l'esigenza di proteggere i dispositivi dalle condizioni ambientali avverse. Anche i limiti di spazio intorno alle costole dell'ala hanno giocato a favore della soluzione magnetica. L'adozione di moduli LinACE™ prodotti dalla nostra associata RLS ci ha permesso di sviluppare un nuovo encoder che richiede fori piccolissimi da applicare alla costola dell'ala. La progettazione di un encoder incapsulato ha risolto tre importanti problemi di carattere tecnico: dimensioni ridotte, protezione ambientale e cuscinetti scorrevoli integrati per mantenere la posizione della piastra ad arco parziale.



LinACE™, racchiuso in una capsula impermeabile

Come funzionano gli encoder magnetici?

In questo caso, si collega un magnete sulla parte posteriore di un gruppo di sensori Hall che viene usato in combinazione con una riga ferromagnetica, con una serie di solchi incisi su di essa. I solchi presenti sulla superficie della riga modificano il campo magnetico locale, per cui, quando il sensore si sposta lungo la riga, i sensori Hall rilevano uno schema magnetico in movimento e lo convertono in una misura di posizione. Dato che lo schema dei solchi della riga non si ripete, è possibile determinare la posizione su qualsiasi punto della riga. La testa del sensore è completamente racchiusa per garantire la protezione dei delicati componenti microelettronici. Lo strato polimerico esterno fornisce una superficie sacrificale che entra completamente in contatto con la riga per assicurare un'altezza corretta. Gli encoder magnetici non sono limitati dal fatto di essere incapsulati.

Quali sono state le fasi salienti del processo di progettazione?

Durante il processo di progettazione ci siamo concentrati soprattutto sui requisiti dell'encoder. Un apporto di massa, anche minimo, sulla parte superiore dell'ala può incidere in modo significativo sulle prestazioni e sulla stabilità dell'imbarcazione. L'ingombro ha rappresentato una delle nostre principali preoccupazioni, perché le superfici di attuazione si trovano in spazi ristretti, con margini di movimento molto limitati e ciò ci ha imposto una serie di vincoli riguardo le dimensioni. Allo stesso tempo, l'ala ha un'altezza di quasi 24 metri e, per motivi aerodinamici, è stata progettata per eseguire torsioni di vario grado ad altezze differenti. Per tale ragione, quando la piastra graduata dell'hammerhead si muove, esegue anche una rotazione fuori piano, a causa della torsione dell'ala. I nostri encoder tradizionali sono progettati per percorrere distanze brevi su assi lineari o rotativi. Quindi, ci siamo trovati ad affrontare un problema di tolleranze molto strette in termini di accuratezza di misura su un arco che non presenta solo spostamenti assiali, ma che esegue anche torsioni durante la rotazione. Dovevamo trovare un modo per preservare l'accuratezza di misura anche durante le torsioni fuori piano. I sensori magnetici erano la soluzione migliore in termini di resistenza alle contaminazioni, anche se la tolleranza dell'altezza risultava fin troppo severa rispetto ai movimenti dei cuscinetti normalmente riscontrati in imbarcazioni e ali di queste dimensioni.

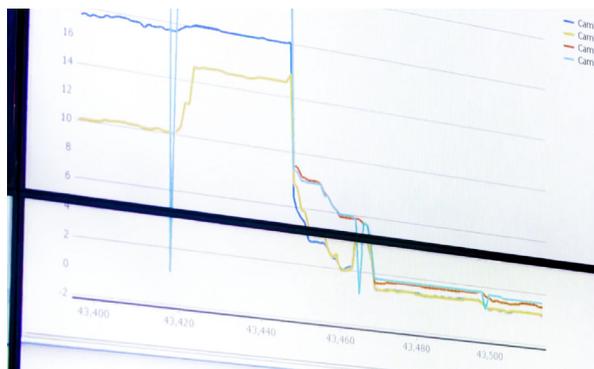
L'aspetto più importante dell'intero progetto è stato capire quali fossero le necessità di Land Rover BAR e, nel tempo limitato a nostra disposizione, selezionare la tecnologia più appropriata, utilizzando come base i nostri encoder standard presenti in commercio. Altri fattori che abbiamo preso in considerazione durante la fase di design sono stati gli spazi disponibili e la geometria della vela. Ogni singolo pezzo ha rappresentato una vera sfida: siamo partiti con un modulo formato da un encoder lineare pensato per funzionare con un asse di precisione, dotato di una serie di solchi precisi, posti sotto la superficie. La difficoltà stava nell'aprire il codice e integrarlo su una superficie piana che presentava solchi di forma diversa lungo l'arco. A tale scopo siamo dovuti ricorrere a un nuovo processo, nella speranza che la riga posta sull'arco piatto funzionasse correttamente al primo tentativo.



Abbiamo preso un modulo LinACE™ prodotto dalla nostra associata RLS e lo abbiamo racchiuso in una capsula impermeabile per aumentare la sua resistenza agli agenti atmosferici. Si trattava di un'operazione mai tentata prima che ci ha anche permesso di contenere le dimensioni del corpo dell'encoder per rispettare i severi vincoli previsti per le costole dell'ala. Abbiamo anche dovuto trovare una soluzione che consentisse alla riga di effettuare torsioni e spostamenti senza produrre errori significativi.

Alla fine, qual è stata la soluzione scelta?

Abbiamo montato il sensore su un giunto cardanico, per consentire alla riga ad arco parziale di eseguire torsioni fuori dal piano di rotazione senza perdere accuratezza. Per garantire la massima precisione, il lettore è stato montato su un apposito supporto che lasciava ampia libertà di beccheggio e rollio. Il supporto include una staffa a Y collegata alla struttura statica dell'ala. Nel suo insieme, il gruppo dell'encoder fornisce letture della posizione di ciascun flap che risultano molto più accurate rispetto a quelle calcolate dagli spostamenti dell'attuatore.



Analisi delle prestazioni

Qual'è stata la sfida più complessa e quale il risultato più soddisfacente?

Tutte le soluzioni personalizzate come il nuovo processo produttivo per la riga, la creazione di un involucro di plastica per l'encoder, la costruzione di un supporto cardanico, l'utilizzo di cuscinetti scorrevoli e le soluzioni per garantire maggiore resistenza agli agenti atmosferici, si sono rivelate decisive per la riuscita complessiva del progetto. Un errore in una qualsiasi di queste attività ci avrebbe impedito di produrre l'encoder nei tempi richiesti. Ciascuna di queste fasi è stata gestita come un mini progetto indipendente. La sfida maggiore è stata quella di ottenere sempre i risultati desiderati al primo tentativo. Trovare un modo per unire i vari elementi in un unico prodotto funzionante, rispettando i tempi strettissimi a nostra disposizione, ha richiesto la collaborazione dei nostri colleghi sloveni di RLS e delle nostre strutture produttive. Posso dire di essere veramente orgoglioso del risultato finale.

Per ulteriori informazioni, visitare il sito Web www.renishaw.it/iracetoinnovate