



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA DELL'ENERGIA ELETTRICA  
E DELL'INFORMAZIONE "GUGLIELMO MARCONI"

**Titolo:** RoboSECT - Sviluppo di sistemi per il controllo qualità del cablaggio di quadri elettrici

### **Sintesi del macro ambito di ricerca**

La borsa di studio ha come obiettivo lo sviluppo di un sistema robotizzato, basato su un manipolatore industriale standard, per il controllo qualità automatico di quadri elettrici. Questa attività di ricerca è motivata dal fatto che l'operazione di cablaggio dei quadri elettrici è una attività a tutt'oggi completamente manuale, a causa del fatto che l'operazione richiede di manipolare oggetti non rigidi (cavi elettrici), e di lavorare in spazi molto ristretti e pieni di ostacoli, in cui sono frequenti occlusioni che richiedono lo spostamento dei cavi già collegati per collegare i nuovi, e di utilizzare in maniera coordinata due mani per mantenere i cavi in posizione mentre con appositi attrezzi (solitamente cacciaviti) si serrano le viti o le clip dei morsetti. L'obiettivo dell'attività è di realizzare il controllo qualità robotizzato, almeno per quadri di non elevata complessità, raggiungendo le stesse prestazioni, in termini di tempo di esecuzione del processo, ottenute dall'uomo.

### **Risultati attesi sulle persone e sulle imprese**

Il progetto ha potenziale impatto su tutti i settori manifatturieri che attualmente vedono impiegati operatori umani, perché il processo prevede la manipolazione di oggetti di forma complessa, oggetti delicati o deformabili, problemi che ancora oggi sono troppo complessi per essere eseguiti da robot. Si può quindi spaziare dal settore automobilistico, dove l'assemblaggio delle parti interne dell'abitacolo delle auto è tutt'ora svolto manualmente a causa della delicatezza delle parti e del numero di possibili varianti, alla produzione industriale di cibi e all'agricoltura, dove la manipolazione delle materie prime richiede lo sviluppo di sistemi robotici dotati di sensibilità e precisione ad oggi non disponibili sul mercato, al settore tessile e quindi la manipolazione di tessuti, alla logistica in generale e al settore sanitario. Il sistema robotico in oggetto si pone quindi a supporto delle attività dell'uomo in tutti questi settori.

Per quanto riguarda la produzione di quadri elettrici, il problema non ancora risolto della manipolazione dei cavi ha finora impedito l'utilizzo di sistemi automatici per il cablaggio e il controllo qualità. Da studi effettuati presso l'azienda I.E.M.A. s.r.l., azienda che si occupa della produzione di quadri elettrici, risulta che mediamente solo il 25% del tempo effettivo dedicato al cablaggio dei quadri elettrici viene impiegato per il collegamento dei cavi, mentre il restante 75% viene impiegato per la lettura dello schema elettrico alla ricerca dei componenti e delle connessioni da effettuare e per la preparazione dei cavi stessi (misura della lunghezza del cavo, taglio del cavo, inserimento dei puntalini e dell'etichetta). Mentre la fase di preparazione dei cavi può essere automatizzata attraverso l'uso di macchine automatiche dedicate a questo scopo, l'uso di un sistema automatico in grado di prelevare direttamente dal progetto del quadro elettrico le informazioni sulla posizione dei componenti da collegare e il percorso dei cavi può drasticamente ridurre il tempo



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA DELL'ENERGIA ELETTRICA  
E DELL'INFORMAZIONE "GUGLIELMO MARCONI"

necessario al cablaggio. Inoltre, un sistema robotizzato in grado di manipolare i cavi e di supportare l'operatore umano durante le operazioni di cablaggio può aumentare sensibilmente la produttività e la qualità del prodotto. Dall'analisi dell'attuale metodo di cablaggio, si è quindi stimato che l'adozione di un sistema automatico può facilmente ridurre i tempi di cablaggio del 40%. Sulla base della produzione stimata da I.E.M.A. s.r.l. nel 2016, si stima che riutilizzando il tempo così risparmiato dai cablatori per la produzione di nuovi quadri, la produzione può aumentare di 4M€, in percentuale del 53%, quindi ben oltre il guadagno effettivo sul tempo di cablaggio. Tutto ciò, nonostante che il costo del prodotto possa essere ridotto dell'ammontare corrispondente alla manodopera risparmiata, che il salario dei cablatori venga aumentato, in percentuale, della stessa quantità, e che si consideri l'installazione di 10 sistemi robotizzati, ciascuno del costo stimato di 30k€, necessari a coprire l'aumento di produzione. Anche considerando l'ammortamento del costo del sistema robotico nel primo anno, l'incremento di utile stimato è di 3.65M€, con un guadagno percentuale del 49%. Ovviamente, il guadagno ottenuto riguarda anche la qualità del prodotto e, di fondamentale importanza, la riduzione del tempo che intercorre dall'ordine da parte del cliente al prodotto finale (tempo di commessa), che viene ridotto mediamente di ben 10 giorni, con un guadagno percentuale del 26%, fatto determinante per quanto riguarda la competitività aziendale. Questi dati sono riassunti nella tabella sottostante:

	Unità	Produzione 2016 (stimata)	Produzione attesa con sistema robotico	Guadagno
Produzione annule	Unità/anno	500	833	333
Tempo di produzione medio	Ore uomo	231	171	-60
Tempo di cablaggio medio	Ore uomo	150	90	-60
Riduzione tempo di cablaggio	%	0.00%	40.00%	40.00%
Tempo di cablaggio totale	Ore uomo	75000	75000	0
Mean impact of wiring over total production time	%	65.00%	52.70%	-12.30%
Salario medio dei cablatori	Euro/ora	€ 24	€ 26	€ 2
Incremento di salario	%	0.00%	8.33%	8.33%
Costo medio di cablaggio	Euro/unità	€ 3,600	€ 2,340	-€ 1,260
Costo medio di cablaggio rispetto al costo totale	%	24.00%	17.03%	-6.97%
Costo medio per unità	Euro/unità	€ 15,000	€ 13,740	-€ 1,260
Unit cost reduction	%	0.00%	8.40%	8.40%
Tempo di commessa medio	Giorni	36	26	-10
Riduzione tempo di	%	0.00%	26.00%	26.00%



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA DELL'ENERGIA ELETTRICA  
E DELL'INFORMAZIONE "GUGLIELMO MARCONI"

<b>commessa</b>				
<b>Indice di non conformità</b>	<b>Tempo stimato/Tempo effettivo[%]</b>	<b>7.00%</b>	<b>5.00%</b>	<b>-2.00%</b>
<b>Tracciabilità del cablaggio</b>	----	<b>Assente</b>	<b>Tracciabilità del cablaggio allegata alla documentazione</b>	<b>Tracciabilità del cablaggio allegata alla documentazione</b>
<b>Numero di sistemi robotici per coprire la produzione</b>	<b>Unità</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Costo del sistema robotico</b>	<b>Euro/Unità</b>	<b>0</b>	<b>€ 30,000</b>	<b>-€ 30,000</b>
<b>Fatturato</b>	<b>Euro/anno</b>	<b>€ 7,500,000</b>	<b>€ 11,450,000</b>	<b>€ 3,950,000</b>
<b>Incremento di fatturato</b>	<b>%</b>	<b>0.00%</b>	<b>52.67%</b>	<b>52.67%</b>
<b>Utile aziendale</b>	<b>Euro/anno</b>	<b>€ 7,500,000</b>	<b>€ 11,150,000</b>	<b>€ 3,650,000</b>
<b>Incremento utile aziendale</b>	<b>%</b>	<b>0.00%</b>	<b>48.67%</b>	<b>48.67%</b>

### Piano di attività

Le attività di questa borsa si svilupperanno nei seguenti punti:

- Studio dell'interazione fra organo di presa e oggetti deformabili durante la manipolazione;
- Studio degli algoritmi di manipolazione per il controllo della forma risultante dalla manipolazione;
- Sviluppo di metodologie per l'inserimenti di cavi elettrici in connettori a vite.

### SSD coinvolti

ING-INF/04