

POLITECNICO DI MILANO
Facoltà di Ingegneria dei Processi Industriali
Corso di Laurea in Ingegneria Elettrica



STUDIO DI UNA NUOVA GENERAZIONE DI
QUADRI ELETTRICI PER MEDIA TENSIONE
ISOLATI IN ARIA

Tesi di laurea di:

Stefano Motta

Matricola 724804

Tutor accademico: Prof. Enrico Ragaini

Tutor aziendale: Ing. Alessandro Bonfanti

Anno accademico 2008-2009

INDICE

1 INTRODUZIONE.....	4
2 EVOLUZIONE DEI PANNELLI DI MEDIA TENSIONE (1970-2010)	7
2.1. PANNELLI CON INTERRUTTORI A VOLUME D'OLIO RIDOTTO	7
2.2. PRIMI QUADRI CON INTERRUTTORI IN VUOTO O IN ESAFLUORURO DI ZOLFO	9
2.3. QUADRI STANDARDIZZATI PER LA PRODUZIONE IN SERIE.....	11
3 STRUTTURA DEL QUADRO DI MEDIA TENSIONE ATTUALMENTE IN PRODUZIONE.....	13
3.1 IF (ARRIVO/PARTENZA)	14
3.2 IFD (ARRIVO/PARTENZA DIRETTO).....	15
3.3 IFDM (ARRIVO/PARTENZA DIRETTO CON MISURE)	17
3.4 BT (CONGIUNTORE).....	18
3.5 R (RISALITA).....	19
3.6 RM (RISALITA CON MISURE)	19
3.7 M (MISURE).....	20
4 REQUISITI DI PROGETTO PER LA NUOVA SOLUZIONE	22
4.1. REQUISITI DIMENSIONALI E FUNZIONALI	22
4.2. REQUISITI COSTRUTTIVI	25
4.3. REQUISITI ALLA GAMMA DI PRODOTTO	26
5 STRUTTURA DEL NUOVO QUADRO	29
5.1 IF.....	29
5.2 IFD	32
5.3 IFDM.....	33
5.4 BT.....	35
5.5 R	36
5.6 RM	37
5.7 M	38

6 CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI PIU' IMPORTANTI	41
6.1 CELLA CAVI	41
6.1.1. Fiancate	41
6.1.2. Basamento	42
6.1.3. Cassetto anteriore.....	42
6.1.4. Supporto TV	43
6.1.5. TA	44
6.2 CELLA INTERRUTTORE	48
6.3 CONDOTTO GAS E FLAP	56
6.4 CELLA DI BASSA TENSIONE	58
6.5 PORTE.....	59
7 ASSEMBLAGGIO	62
7.1 PREASSEMBLAGGIO 1: CELLA DI BASSA TENSIONE.....	62
7.2 PREASSEMBLAGGIO 2: CELLA INTERRUTTORE	64
7.3 PREASSEMBLAGGIO 3: SUPPORTO CON TA	66
7.4 PREASSEMBLAGGIO 4:SUPPORTO CON TV	69
7.5 PREASSEMBLAGGIO 5: CASSETTO ESTRAIBILE	69
7.6 PREASSEMBLAGGIO 6: TETTO	70
7.7 LINEA DI ASSEMBLAGGIO.....	71
7.7.1 Postazione 1	71
7.7.2 Postazione 2	72
7.7.3 Postazione 3	73
7.7.4 Postazione 4	75
7.7.5 Postazione 5	76
7.7.6 Postazione 6	77
8 VALUTAZIONE COSTO DEI COMPONENTI	83
8.1 COSTI CARPENTERIA.....	83
8.2 COSTO RAME.....	88
8.3 ALTRE PARTI	91

9 VALUTAZIONE ECONOMICA	94
9.1 CONFRONTO TRA UNITA'	94
9.1.1 Tempistica di produzione della carpenteria	94
9.1.2 Tempistica di produzione del rame	95
9.1.3 Assemblaggio pannello	96
9.1.4 Costo pannello	97
9.2 CONFRONTO DELLA GAMMA.....	98
9.2.1 Costi	98
9.2.2 Assemblaggio	98
9.3 MAGAZZINO	98
9.4 GESTIONE SCORTE.....	99
10 CONCLUSIONI	104
RIFERIMENTI	106

1 INTRODUZIONE

Scopo di questo lavoro è l'analisi tecnico-produttiva del quadro di media tensione, elemento fondamentale sempre presente negli impianti elettrici di distribuzione.

Il quadro di media tensione, che ha la funzione di collegare la rete elettrica con le utenze da alimentare, comprende:

- connessioni per i cavi di media tensione in arrivo o in partenza;
- un sistema sbarre, di complessità variabile, che interconnette i diversi circuiti;
- apparecchi di interruzione e manovra per ciascun circuito o sezione del sistema sbarre;
- sensori per la misura di correnti e tensioni;
- apparecchiature di protezione e misura;
- sistemi per la messa a terra delle diverse parti costituenti l'impianto.

Tutti i componenti elencati sono inseriti in una struttura meccanica che serve anche a limitare l'accesso alle parti in tensione e a proteggere gli operatori dagli effetti di eventuali guasti elettrici. Come si vede, il quadro di media tensione è a tutti gli effetti un sistema complesso, che richiede una progettazione e tecniche di realizzazione dedicate, secondo una normativa specifica assai dettagliata [1] [2].

Recentemente è diventato sempre più comune collegare alla rete di distribuzione piccoli impianti di generazione: anche tale collegamento avviene per mezzo di un quadro di media tensione, aggiungendo ulteriore complessità alla sua progettazione e realizzazione.

Il quadro di media tensione, considerato come prodotto industriale, risente di due esigenze contrapposte:

1. poiché ogni quadro è realizzato per una specifica funzione in un determinato impianto, il progetto è ogni volta differente: è necessario poter progettare e realizzare quadri con la massima libertà possibile in termini di configurazioni, dimensioni, numero e tipo dei circuiti collegati, scelta delle apparecchiature ecc. In altre parole, i quadri prodotti da una fabbrica dovranno poter essere tanto diversi tra loro come diversi sono gli impianti elettrici in cui verranno installati;
2. tuttavia, la produzione dei quadri deve rispettare determinati tempi e costi, e servirsi di componenti industriali acquistati in anticipo. Questi vincoli, tipici della produzione in serie, sono rispettati tanto meglio quanto più i diversi quadri prodotti sono simili tra loro, o per lo meno riconducibili a pochi tipi standardizzati.

Ciascun produttore di quadri risponde a proprio modo alle opposte esigenze di differenziazione e di standardizzazione. Ciò è fatto definendo alcune strutture di quadro tipiche, che servono come unità base e possono essere combinate tra loro per produrre strutture più complesse. Le unità base permettono comunque una successiva personalizzazione.

Tali strutture di quadro tipiche determinano poi:

- i processi produttivi necessari;
- le procedure di progettazione e realizzazione da utilizzare per ciascuna specifica commessa;
- i prodotti e i componenti che verranno utilizzati.

La scelta e la definizione delle configurazioni tipiche da realizzare sono quindi di fondamentale importanza per un produttore di quadri. Da esse dipende la possibilità o meno di realizzare quadri industrializzati in modo vantaggioso.

Naturalmente i processi e i prodotti evolvono col tempo, in parte per i cambiamenti tecnologici, in parte perché sorgono nuove esigenze impiantistiche. I produttori di quadri riprogettano perciò continuamente la propria gamma di prodotti per mantenersi aggiornati con le richieste dei clienti e con i concorrenti.

Il presente lavoro ha per tema uno di tali aggiornamenti: lo studio della nuova generazione di quadri di media tensione ABB.

La ricerca e sviluppo presso la sede ABB di Dalmine (BG) si occupa della progettazione di nuove generazioni di prodotti e soluzioni che riguardano i quadri di media tensione. Presso questa sede ho avuto l'opportunità di svolgere un periodo di sei mesi di tirocinio, realizzando uno studio di fattibilità su una futura generazione di quadri di distribuzione che potrebbe rimpiazzare l'attuale gamma identificata con la sigla UniGear.

Il prodotto attuale è stato progettato secondo la logica sopra descritta, arrivando allo stato attuale di tecnologia matura e consolidata. Alcuni motivi ne rendono però necessario un aggiornamento:

- le possibili combinazioni di soluzioni che possono essere installate su un pannello risultano essere difficilmente gestibili in modo efficiente;
- per ogni soluzione o componente vi sono diverse versioni: la scelta di quella adatta all'esigenza dell'impianto non è quindi semplice da effettuare.

Gli studi in corso hanno come obiettivi:

- la semplificazione della costruzione dei componenti;
- la diminuzione del costo dei componenti acquistati;
- la semplificazione delle procedure di assemblaggio del quadro;
- la riduzione del tempo necessario all'assemblaggio.
- una più semplice ed efficiente gestione del magazzino che porta anche ad una riduzione delle scorte presenti;
- la diminuzione dei tempi necessari al fornitore per la consegna dei componenti.

Non bisogna dimenticare che, diminuendo il numero di componenti gestiti , vengono ridotti anche gli eventuali errori che potrebbero verificarsi, sia in fase di personalizzazione con il cliente durante la stesura della commessa che durante le fasi di montaggio nella linea apposita.

Il lavoro di tesi è strutturato come segue:

- nel capitolo 2 si riassume l'evoluzione della tecnologia dei pannelli dagli anni '70 ad oggi;
- nel capitolo 3 è descritta la struttura dei pannelli di media tensione attualmente in produzione presso ABB;
- il capitolo 4 delinea i requisiti per la nuova serie che si vuol realizzare;
- il progetto sviluppato è descritto nei capitoli 5 e 6, dedicati rispettivamente alla struttura generale dei pannelli e ai componenti più importanti;
- il capitolo 7 descrive il processo produttivo che verrà impiegato e mostra un progetto di massima della linea di produzione;
- i capitoli 8 e 9 sono dedicati alla valutazione dell'effetto economico delle innovazioni proposte, in particolare riguardo al costo dei singoli componenti e al costo dei pannelli completi.

2 EVOLUZIONE DEI PANNELLI DI MEDIA TENSIONE (1970-2010)

Poiché i componenti più importanti all'interno dei quadri sono gli apparecchi di chiusura e interruzione, l'evoluzione tecnica dei pannelli ha sempre seguito il progresso tecnologico degli apparecchi.

A partire dagli anni '70 possiamo distinguere tre momenti successivi:

- quadri contenenti interruttori a volume d'olio ridotto;
- apparizione e prima diffusione degli interruttori in vuoto e in esafluoruro di zolfo;
- standardizzazione e produzione in grande serie dei pannelli.

2.1. PANNELLI CON INTERRUTTORI A VOLUME D'OLIO RIDOTTO

Questi quadri, tecnologicamente risalenti agli anni '70, erano progettati in modo da adattarsi agli interruttori a volume d'olio ridotto, caratterizzati da ingombri e pesi elevati.

Caratteristiche tipiche di questi pannelli erano:

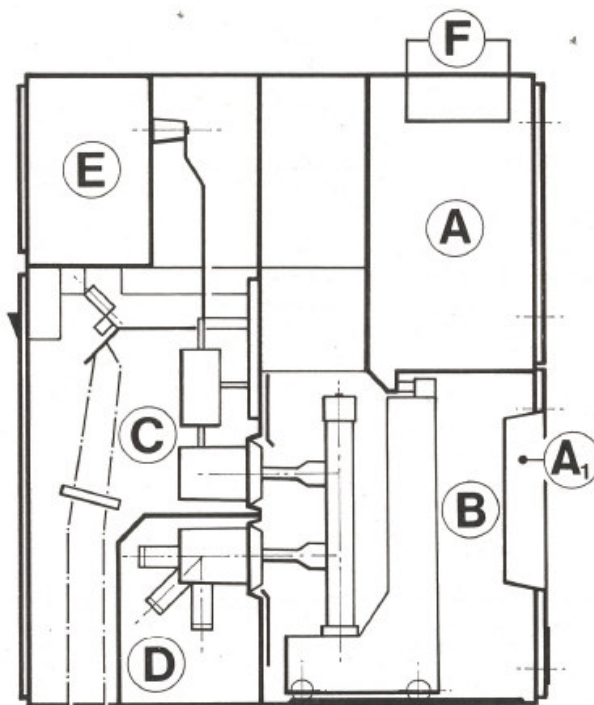
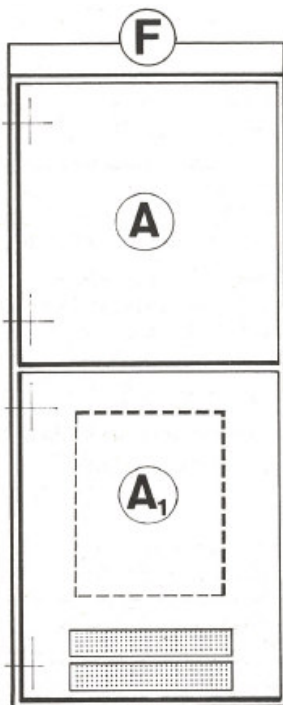
- apparecchi elettrici di chiusura ed interruzione installati a pavimento;
- lamiere con spessore di 3mm;
- cavi di alimentazione collegati posteriormente;
- sbarre principali di connessione posizionate nella zona inferiore del pannello;
- lamiere verniciate per resistere alla corrosione: questo trattamento non permetteva di considerarle parte integrante del circuito di terra; erano quindi previste delle trecce metalliche adibite a questa funzione;
- l'interruttore era solitamente di tipo estraibile. La manovra per passare dalla posizione di sezionato a quella di inserito era effettuata con la porta della cella interruttore aperta con l'ausilio di un'apposita leva.

Il sezionatore di terra, se presente, doveva essere manovrato dalla zona posteriore del pannello: bisognava garantire quindi nell'installazione anche l'accessibilità posteriore al quadro.

I pannelli ABB realizzati con queste caratteristiche erano identificati dalla sigla commerciale Univer G.



Figura 1 Vista di un insieme di pannelli Univer G



- A → CELLA BASSA TENSIONE
- A1 → VANO MONTAGGIO STRUMENTI DI MISURA
- B → CELLA INTERRUTTORE
- C → CELLA CAVI
- D → CELLA SBARRE
- E → CELLA TRASFORMATORI TV
- F → CANALETTA INTERCONNESSIONI

Figura 2 Sezione frontale e laterale del pannello Univer G



Figura 3 Manovra manuale dell'interruttore nel pannello Univer G effettuata con porta aperta

2.2. PRIMI QUADRI CON INTERRUTTORI IN VUOTO O IN ESAFLUORURO DI ZOLFO

Verso la fine degli anni 80, i quadri subiscono una rapida evoluzione tecnologica con l'introduzione degli interruttori di media tensione in vuoto e in esafluoruro di zolfo (SF₆), in grado di fornire le stesse prestazioni di quelli a volume d'olio ridotto con ingombri e pesi molto minori.

Le principali innovazioni che riguardano i quadri sono:

- creazione di una cella interruttore rialzata dal suolo;
- lamiere con spessore di 2mm;
- lamiere prezincate, riconosciute valide per il circuito di terra;
- manovra frontale del sezionatore di terra;
- possibilità di effettuare le manovre di sezionamento e inserimento dell'interruttore anche con la porta chiusa;
- cella cavi con accessibilità frontale;
- ridefinizione degli scomparti del pannello;
- sbarre principali di connessione posizionate nella zona superiore;
- riduzione delle dimensioni a parità di prestazioni .

Questa serie è identificata commercialmente presso ABB con la sigla Univer C. Tale serie è stata anche certificata per la resistenza all'arco interno, caratteristica che con il passare degli anni è stata sempre più richiesta dai clienti.



Figura 4 Immagini della serie Univer C

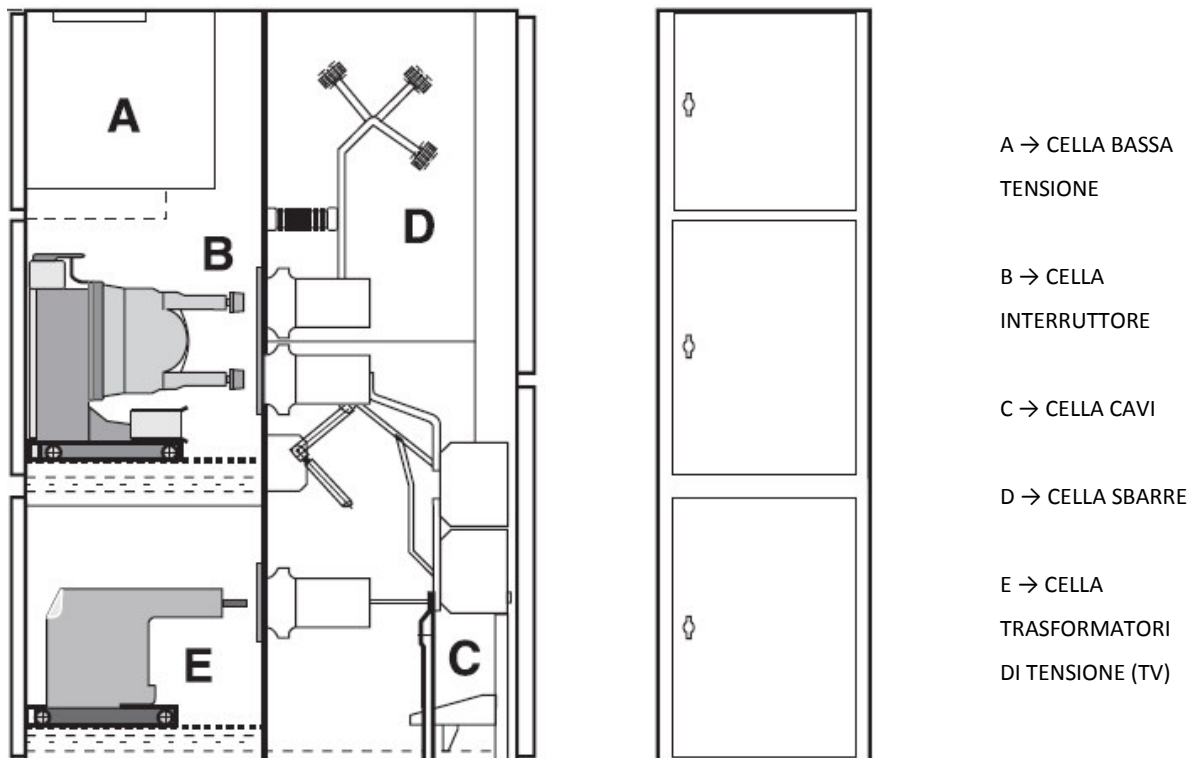


Figura 5 Sezione laterale e frontale del pannello Univer C

2.3. QUADRI STANDARDIZZATI PER LA PRODUZIONE IN SERIE

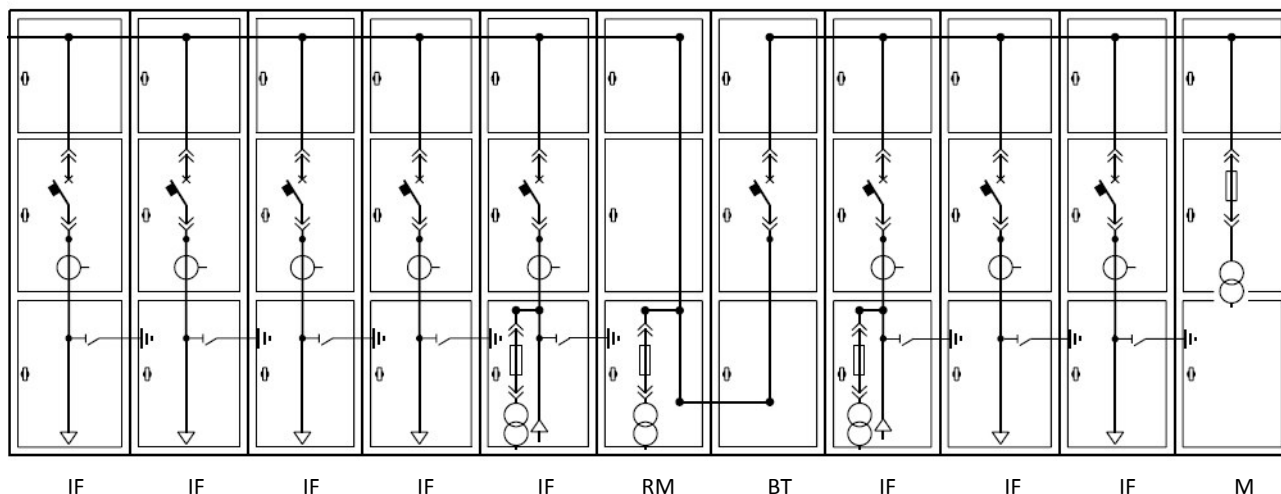


Figura 6 Configurazione tipica di un quadro per impianto di distribuzione

Dopo gli anni '80 l'evoluzione tecnologica degli interruttori non ha portato cambiamenti radicali: anche i quadri hanno mantenuto la stessa tecnologia. Si è assistito invece ad un ampliamento delle soluzioni da installare all'interno del pannello, in modo da rispondere meglio alle diverse esigenze dei clienti.

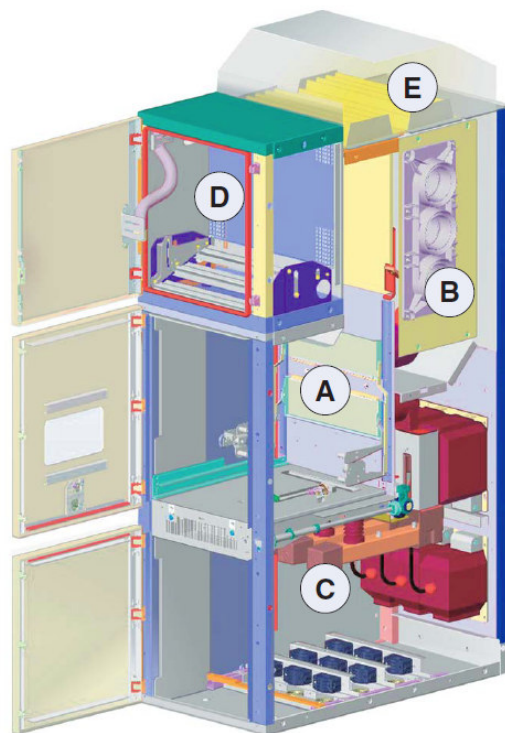
Ciascun produttore ha inoltre cercato soluzioni che consentissero una migliore industrializzazione e una più efficiente produzione in serie dei pannelli. A tal fine sono state identificate e standardizzate le configurazioni maggiormente richieste dal mercato, creando delle strutture tipiche componibili in modo modulare.

La figura 6 mostra un esempio di tale struttura: il quadro è suddiviso in colonne ognuna delle quali è realizzata secondo moduli tipici di tipo predefinito, con piccole variazioni specifiche. Ad esempio, ciascun modulo IF realizza la linea in uscita per l'alimentazione di un circuito (feeder), con il relativo apparecchio di chiusura e interruzione e può inoltre contenere un sezionatore di terra, trasformatori voltmetrici, amperometrici e altri componenti accessori.

Questa tipologia, identificata con il nome di prodotto ABB UniGear, è la base di partenza per effettuare lo studio descritto nei capitoli seguenti. L'obiettivo è di unificare le notevoli personalizzazioni presenti nell'attuale gamma e di semplificare le operazioni di gestione e montaggio del pannello, senza che siano introdotte modifiche tecnologiche degli apparecchi elettrici di chiusura ed interruzione.



Figura 7 Pannelli UniGear



- A → CELLA
INTERRUTTORE
- B → CELLA SBARRE
- C → CELLA CAVI
- D → CELLA DI BASSA
TENSIONE
- E → CONDOTTO

Figura 8 Sezione del pannello UniGear

3 STRUTTURA DEL QUADRO DI MEDIA TENSIONE ATTUALMENTE IN

PRODUZIONE

I quadri ABB di media tensione sono attualmente prodotti utilizzando un insieme di configurazioni “tipiche” che realizzano le funzioni più comunemente richieste negli impianti. Di seguito descriveremo come queste tipiche sono realizzate nell’attuale gamma (serie UniGear). Nei capitoli seguenti confronteremo la gamma attuale con la nuova soluzione progettata.

La figura 9 mostra la struttura generale e le zone che compongono un pannello:

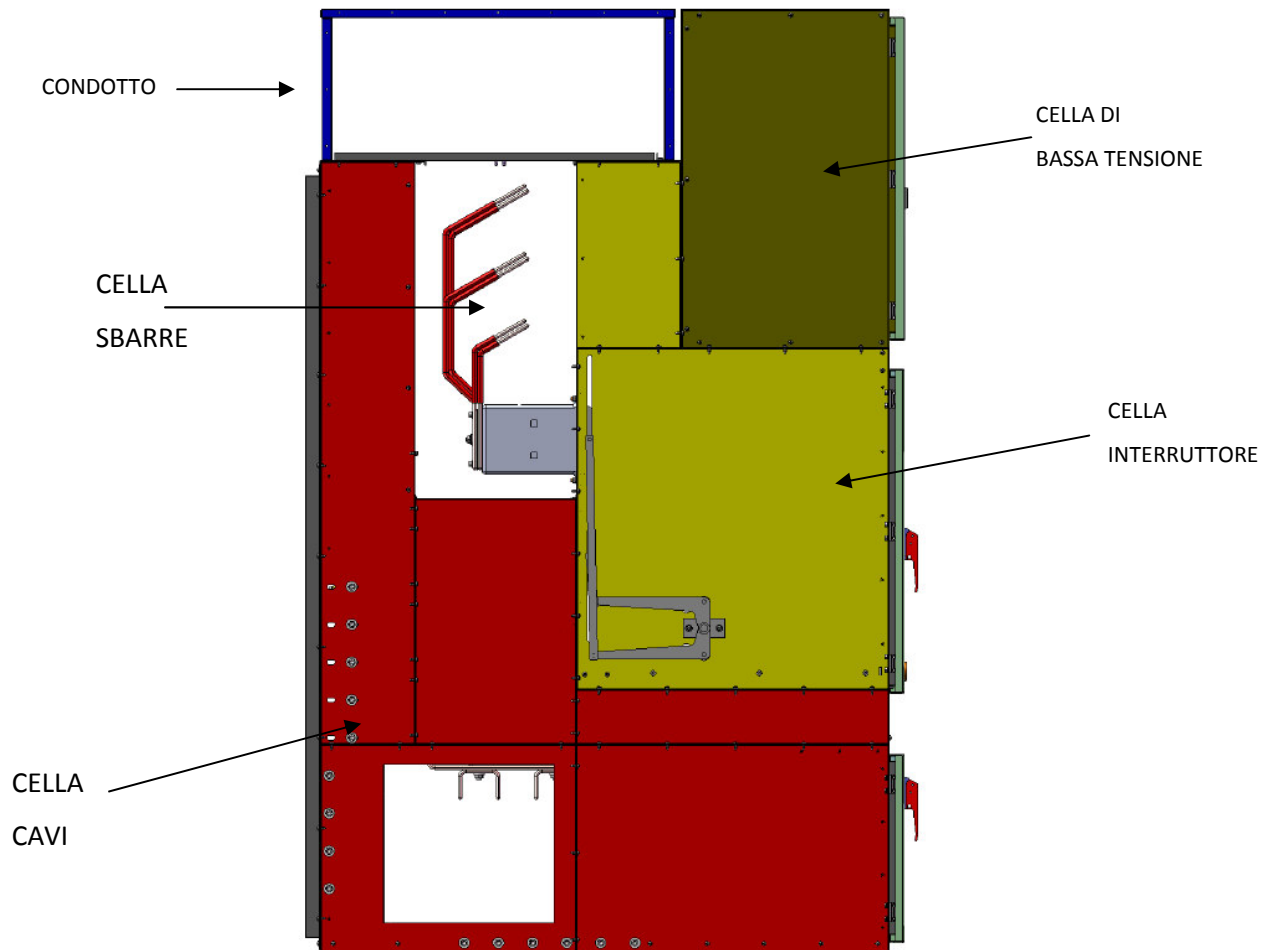


Figura 9. Vista laterale di un pannello della nuova generazione

Le configurazioni più comuni che ciascun pannello o colonna possono realizzare sono:

- IF: arrivo o partenza (feeder) con apparecchio;
- IFD: arrivo o partenza “diretta” senza apparecchio;
- IFDM: arrivo o partenza “diretta” con dispositivi di misura;
- BT: congiuntore (bus tie);
- R: risalita;
- RM: risalita con dispositivi di misura;
- M: dispositivi di misura.

3.1 IF (ARRIVO/PARTENZA)

Risulta essere la configurazione più richiesta dal mercato. Prevede nella cella cavi del pannello l'arrivo o la partenza dei cavi di alimentazione ed i trasformatori voltmetrici di misura (TV). Sopra di essi troviamo la posizione dedicata ai trasformatori di corrente (TA).

Di fronte a questi trasformatori c'è lo spazio destinato al sezionatore di terra. L'uscita dei TA è collegata con i monoblocchi inferiori al cui interno viene alloggiato il contatto fisso del pannello. Questo contatto è connesso all'interruttore tramite i “tulipani” installati nella parte terminale dei bracci dell'apparecchio, che sarà inserito nell'apposita cella. Infine le sbarre di rame che escono dai monoblocchi superiori andranno a realizzare il contatto con le sbarre di collegamento tra i diversi pannelli. Questa configurazione è indicata come derivazione superiore.

Le figure che seguono rappresentano due esempi di pannelli di questo tipo con diverse tensioni nominali (nelle figure non è raffigurato l'apparecchio elettrico, che in realtà è sempre presente nella cella interruttore): si vede chiaramente che le dimensioni di molti dei componenti sono diverse; questo fatto ha varie conseguenze sul processo produttivo, che discuteremo nei capitoli seguenti.

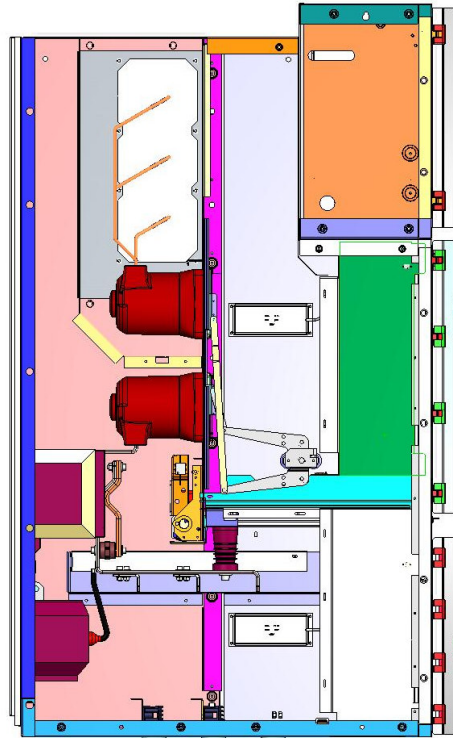


Figura 10. Sezione laterale di un pannello a 12KV.

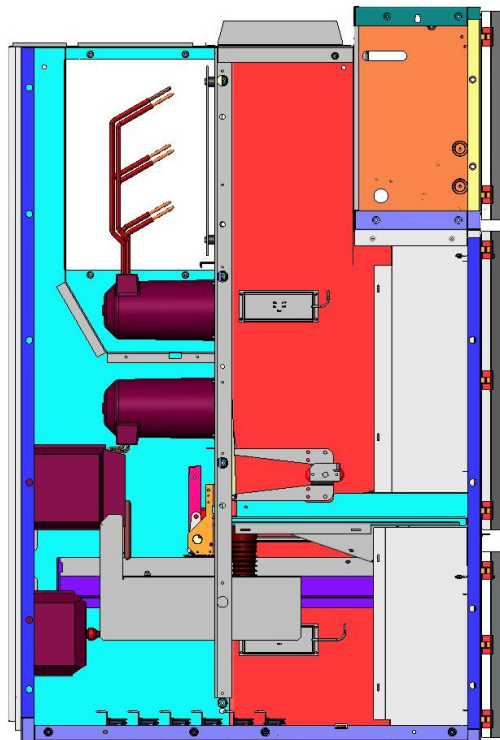


Figura 11. Sezione laterale di un pannello da 24 KV.

3.2 IFD (ARRIVO/PARTENZA DIRETTO)

Si differenzia rispetto al caso precedente per il fatto che nella cella interruttore non viene installato nessun apparecchio di chiusura ed interruzione. Le sbarre che escono dai TA vanno a

realizzare la disposizione tipica delle derivazioni superiori in modo da collegarsi direttamente con gli altri pannelli attraverso le apposite sbarre. L'installazione dei TA o TV dipende del cliente, che durante la fase di personalizzazione del prodotto decide in base alle proprie esigenze.

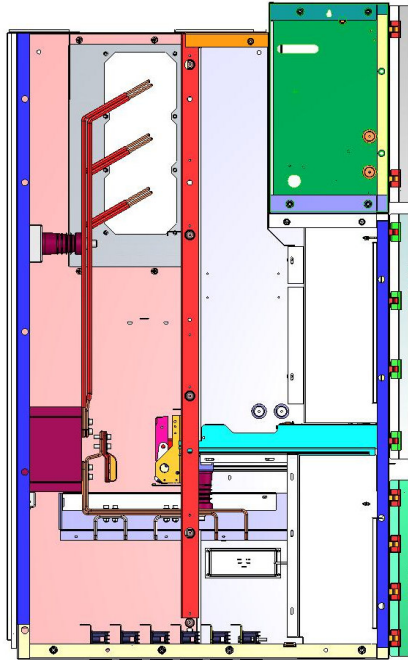


Figura 12. Sezione laterale di un pannello a 12KV.

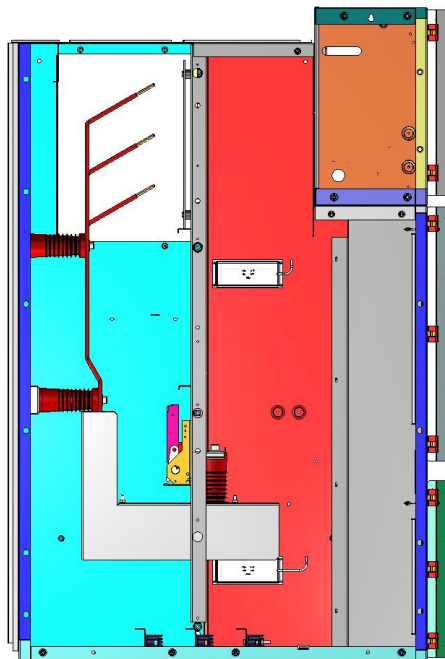


Figura 13. Sezione laterale di un pannello a 24KV

3.3 IFDM (ARRIVO/PARTENZA DIRETTO CON MISURE)

Rispetto all'IFD prevede la possibilità di installare un'unità misure TV aggiuntiva all'interno della cella interruttore, sfruttando lo stesso carrello estraibile solitamente utilizzato dall'apparecchio elettrico.

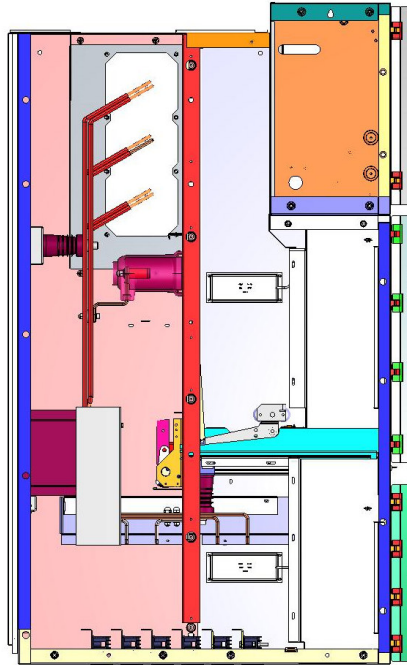


Figura 14. Sezione laterale di un pannello a 12 kV

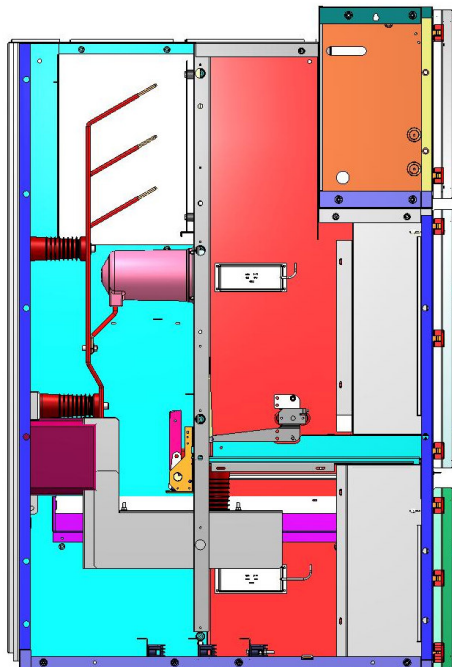


Figura 15. Sezione laterale di un pannello a 24 KV

3.4 BT (CONGIUNTORE)

Questa configurazione non prevede l'arrivo di cavi per l'alimentazione all'interno del quadro: si utilizza infatti per realizzare il collegamento tra le sbarre superiori e le sbarre inferiori. Nella cella interruttore è installato l'apparecchio elettrico di chiusura ed interruzione. Non è possibile installare TV nella cella cavi.

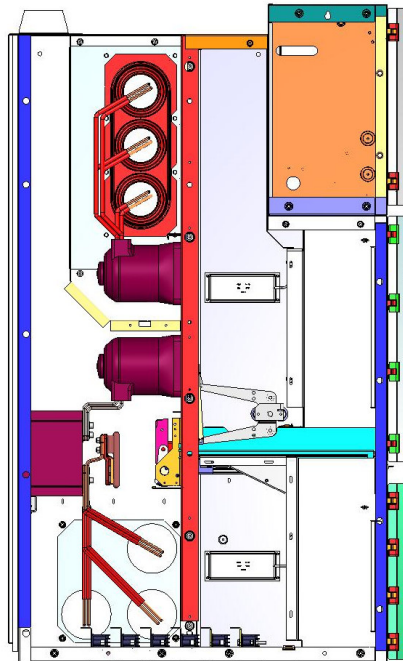


Figura 16. Sezione laterale di un pannello a 12 kV.

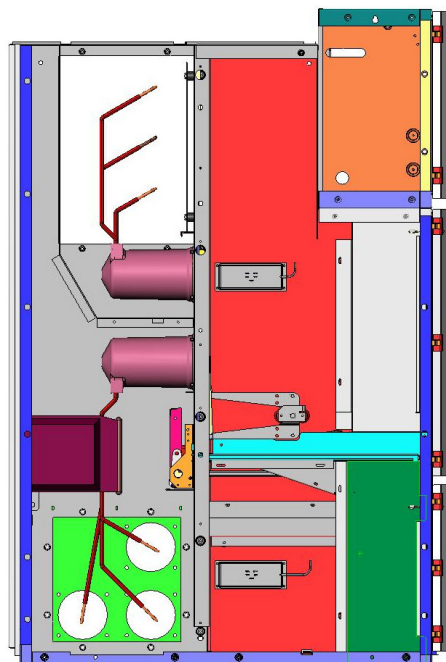


Figura 17. Sezione laterale di un pannello a 24 KV

3.5 R (RISALITA)

Questa unità non prevede l'installazione di trasformatori di misura né la presenza del sezionatore o dell'interruttore. Nella parte inferiore si ha la disposizione a congiuntore e nella zona superiore si ha la configurazione normalizzata delle derivazioni superiori.

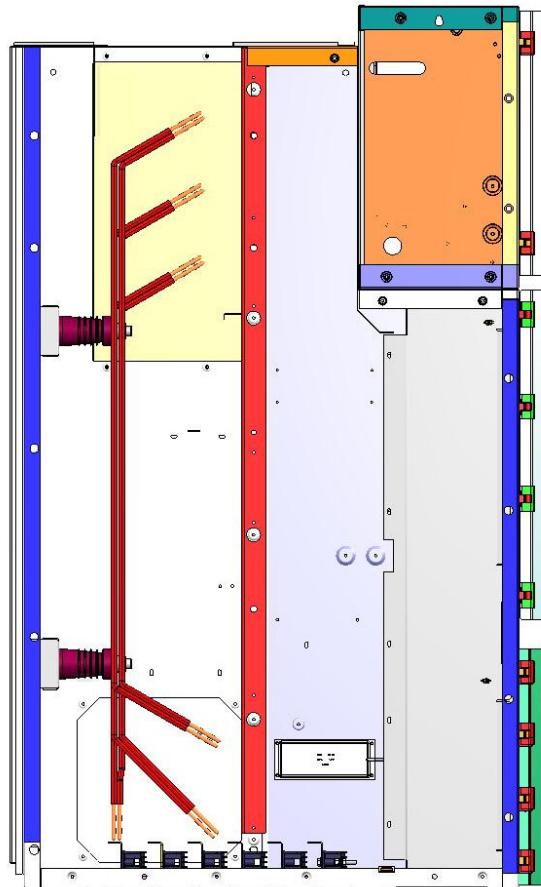


Figura 18. Sezione laterale di un pannello.

3.6 RM (RISALITA CON MISURE)

E' come la risalita, ma prevede l'installazione di una unità dedicata alla misura all'interno della cella interruttore, sfruttando il carrello estraibile dell'apparecchio elettrico.

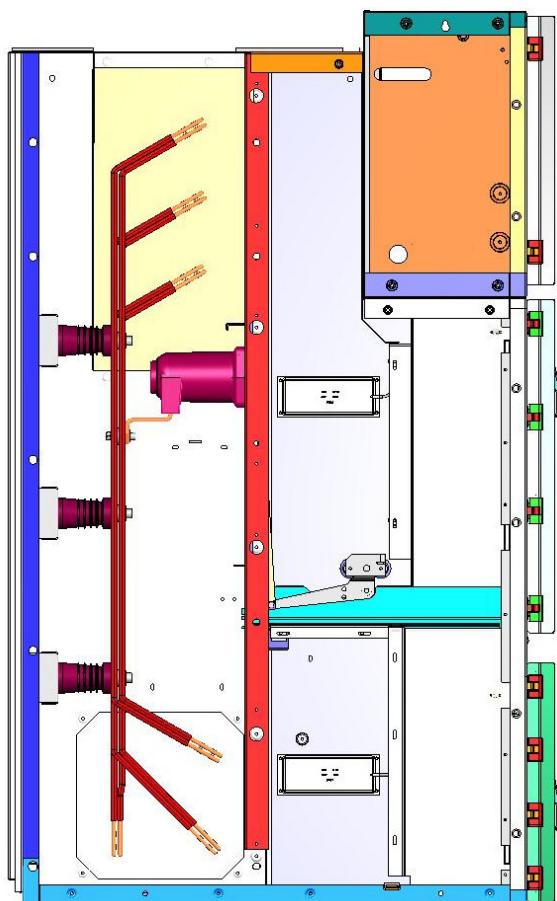


Figura 19. Sezione laterale di un pannello.

3.7 M (MISURE)

Questo pannello prevede il collegamento dei monoblocchi superiori con le sbarre di collegamento tra i diversi pannelli, in modo da poter installare nella cella interruttore un'unità di misura.

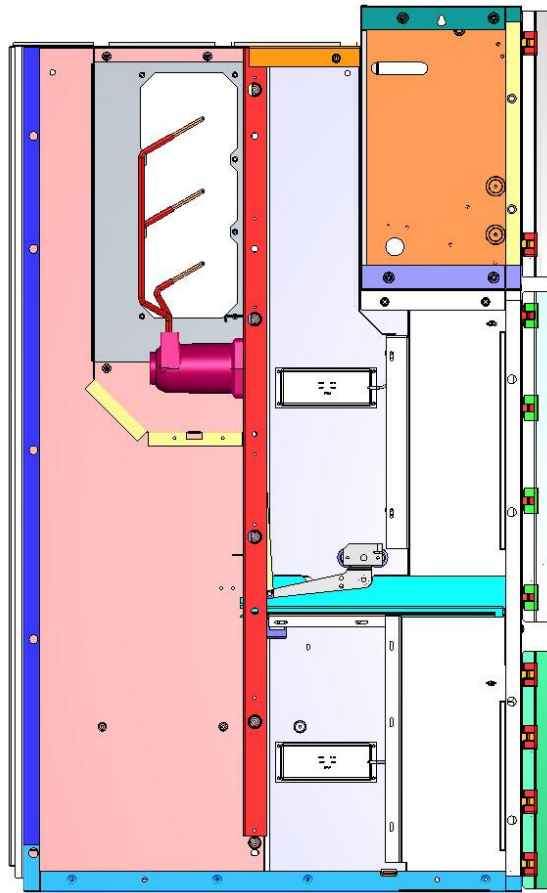


Figura 20. Sezione laterale di un pannello.

4 REQUISITI DI PROGETTO PER LA NUOVA SOLUZIONE

La fase iniziale dello studio di un nuovo prodotto è di fondamentale importanza perché vengono stabilite le linee guida che dovranno essere rispettate durante la sua progettazione. In questo capitolo individueremo i vincoli principali che dovranno essere soddisfatti con la nuova generazione.

Questa valutazione riguarda i quadri elettrici isolati in aria destinati alle cabine di distribuzione primaria in media tensione che potranno sostituire l'attuale gamma, identificata dalla sigla UniGear.

4.1. REQUISITI DIMENSIONALI E FUNZIONALI

Nella progettazione di un pannello si parte dall'analisi dell'elemento chiave che verrà installato all'interno dello stesso, cioè l'apparecchio elettrico di chiusura ed interruzione. Intorno ad esso verrà infatti realizzata tutta la struttura che comporrà il quadro. Questo elemento risulta essere quello che introduce il maggior numero di vincoli da rispettare.

Esaminiamo in dettaglio in che modo l'apparecchio influenza il progetto dei pannelli:

1. Larghezza dell'apparecchio

Un primo vincolo introdotto dall'interruttore riguarda la larghezza del pannello, definita dalle dimensioni dell'apparecchio, che a loro volta variano in base alle prestazioni offerte da questo. Poiché non verranno introdotti cambiamenti nella tecnologia dell'interruttore, la larghezza del pannello rimarrà invariata ai tre possibili valori che caratterizzano la gamma UniGear: 650mm , 800mm e 1000mm.

2. Modalità di fissaggio

Un secondo vincolo è relativo alle modalità di fissaggio dell'apparecchio all'interno del quadro: esistono infatti apparecchi fissi o estraibili. Nel caso in esame si è deciso di prendere come punto di partenza la gamma UniGear, adatta per alloggiare interruttori estraibili. Questa configurazione risulta essere la più richiesta dal mercato, perché a parità di prestazioni offre anche notevoli vantaggi nell'eventualità di ripristino di possibili disservizi, fattore che è ritenuto di elevata importanza da parte dei clienti.

3. Tecnologia interruttiva

Dovrà essere possibile installare interruttori estraibili di due tipi diversi: con interruzione in vuoto o con interruzione in gas isolante (esafluoruro di zolfo), rispettivamente identificati commercialmente come serie ABB VD4/P (in vuoto) e ABB HD4/P (in gas SF6). Attualmente questi due modelli hanno una diversa struttura meccanica e, quindi, dimensioni diverse: risulta perciò difficile unificare la struttura del pannello in modo da adattarsi ad entrambi.

Uno degli scopi del progetto qui descritto è determinare i requisiti da rispettare per la realizzazione dei nuovi interruttori, in modo tale da minimizzare le differenze: si potrà così creare una cella interruttore con una struttura uniformata che permetta l'intercambiabilità tra i diversi apparecchi.

4. Corsa del meccanismo di estrazione

Per corsa s'intende il movimento necessario all'apparecchio elettrico, una volta che è stato inserito nell'apposita cella, per raggiungere la posizione di funzionamento, cioè con i terminali dell'interruttore accoppiati con i contatti fissi del quadro.

Nel corso del progetto è stata presa la decisione di normalizzare a 250mm la corsa degli interruttori estraibili unificando i due valori precedenti (200mm per tensioni nominali da 12 e 17,5KV e 300mm per le versioni da 24 KV).

Come riferimento per poter uniformare la corsa è stata analizzata la condizione più gravosa, che si verifica inserendo nel quadro un interruttore con i maggiori ingombri e le maggiori distanze di isolamento: questa situazione si verifica con tensione nominale dell'apparecchio di 24KV e con ampole in vuoto. La figura 21 mostra il disegno ABB TN 7413 che descrive questa specifica.

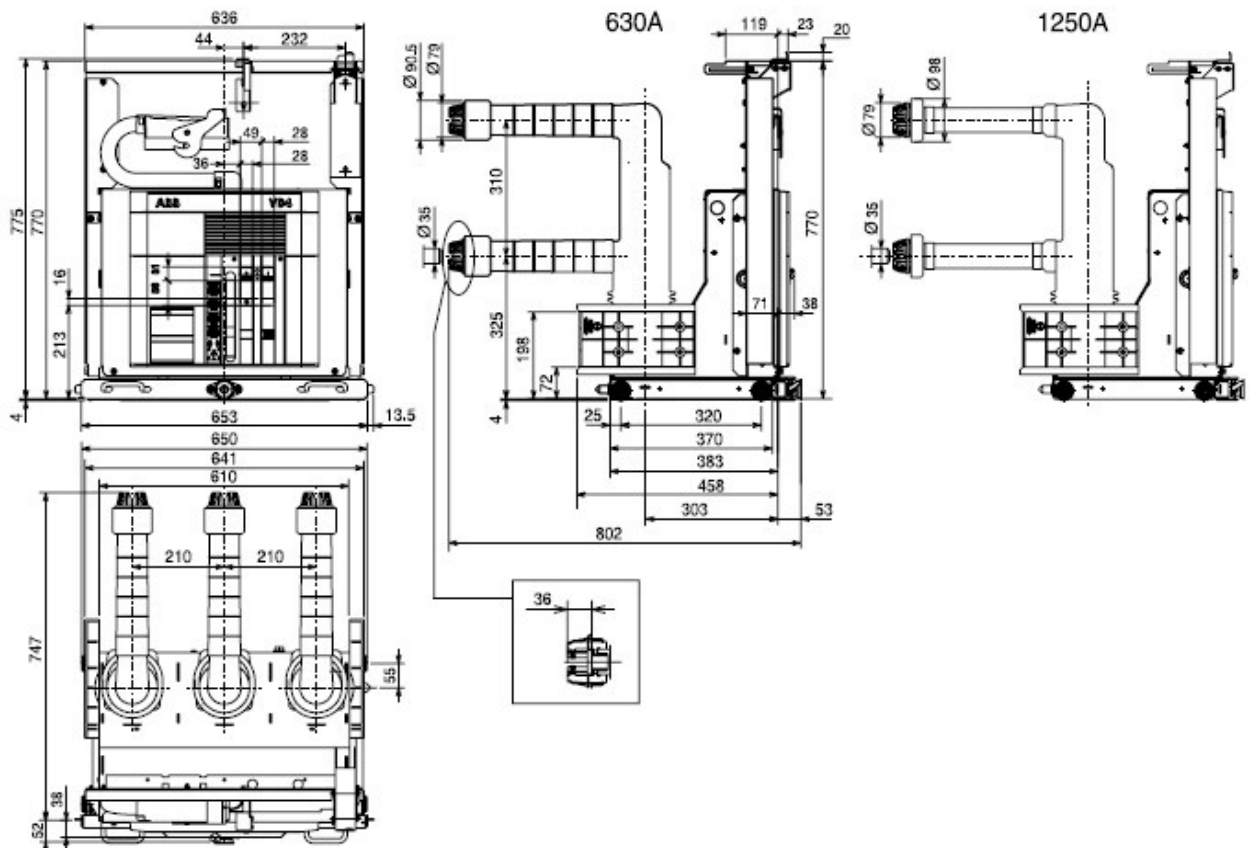


Figura 21 TN 7413

Attraverso questa specifica è possibile risalire alla profondità che dovranno avere tutti gli apparecchi elettrici, in modo tale da rendere unificata questa caratteristica.

5. Posizione del meccanismo di segnalazione

Un'altra normalizzazione riguarda la definizione univoca della collocazione sull'interruttore del comando che fornisce la segnalazione della sua posizione. Questo comando è sempre stato disposto nella zona superiore dell'apparecchio, ma in posizioni diverse a seconda del tipo di interruttore; ora si è deciso di stabilire una posizione normalizzata, utilizzando come riferimento lo stesso disegno visto sopra (TN 7413).

6. Interasse tra i poli

La definizione dell'interasse tra i terminali delle fasi di un nuovo interruttore non subisce variazioni rispetto alla serie esistente: nel caso di pannello da 650mm c'è un interasse di 150mm tra ogni fase, nell' 800mm è di 210mm, e nel 1000mm è di 275mm.

7. Posizionamento della pulsantiera di comando

Anche il posizionamento della pulsantiera che serve per far eseguire le operazioni di chiusura ed apertura all'apparecchio è stata unificata; ora la localizzazione di questi comandi risulterà essere fissa. Per la definizione è stato utilizzato ancora il disegno di fig. 21.

Oltre all'interruttore, anche il sezionatore di terra è stato sottoposto ad un processo di standardizzazione. Si prevede una sola tipologia di sezionatore che dovrà essere in grado di soddisfare la situazione più gravosa (50KA per 1S) che verrà realizzata in 3 varianti, ognuna adatta ad una larghezza differente del pannello.

Il comando che serve per movimentare il sezionatore sarà completamente riprogettato, realizzando un albero che passi esternamente rispetto alle lamiera che compongono il quadro. Questo meccanismo serve per portare il movimento dal sezionatore alla zona frontale del quadro; dove un operatore può procedere alla movimentazione del componente in sicurezza attraverso un'apposita chiave.

Inoltre anche la posizione dove verrà installato il sezionatore dovrà essere univoca, in modo da non penalizzare nessuna possibile configurazione e, nel caso in cui ne sia richiesta la presenza, risulti di semplice installazione.

Anche il condotto di sfogo dei gas esausti dovrà essere standardizzato in modo tale da essere in grado di affrontare le esigenze più gravose. Inoltre la sua installazione dovrà essere il più semplice possibile, essendo questa l'unica parte del pannello che viene assemblata quando avviene la messa in servizio del quadro presso il cliente.

Nel progetto non sono stati modificati gli interblocchi esistenti presenti all'interno del quadro; si terrà conto solo della loro presenza lasciando un adeguato spazio per la loro installazione e funzionamento.

4.2. REQUISITI COSTRUTTIVI

Oltre ai requisiti dimensionali e funzionali sono stati considerati anche i vincoli costruttivi che riguardano principalmente la realizzazione e l'assemblaggio dei componenti.

Per quanto riguarda la lamiera, i componenti dovranno essere il più possibile realizzabili in modo automatico dalla pannellatrice presente in officina. Per far ciò bisogna rispettare alcuni vincoli dettati dalle caratteristiche del macchinario, che saranno trattati nei capitoli successivi.

Vincoli simili esistono anche per le sbarre di rame, che dovranno poter essere lavorate il più possibile in modo automatico.

Per quanto riguarda il fissaggio delle lamiere si è deciso di introdurre un nuovo sistema che prevede una vite autofilettante rispetto alla classica soluzione di vite , rosetta e dado dove possibile; questo comporta un notevole risparmio di tempo e semplifica anche il lavoro dell'operatore.

E' stato anche deciso di eliminare la bugnatura, una lavorazione che viene frequentemente utilizzata sulle lamiere dell'attuale gamma. Questa operazione crea vari problemi dovuti alla deformazione delle lamiere ed alla successiva piegatura delle stesse, e si è quindi deciso di evitarla.

4.3. REQUISITI ALLA GAMMA DI PRODOTTO

La gamma di prodotto, ovvero l'insieme delle combinazioni di caratteristiche disponibili e ordinabili dal cliente, subirà delle modifiche rispetto alla versione attuale. Ciò ha lo scopo di eliminare specifiche poco richieste dal mercato o sovrapposizioni presenti nell'attuale serie.

Le tabelle che seguono mostrano le configurazioni dei pannelli disponibili nella versione attuale e quelle nuove da ottenere con il presente progetto. Si può notare la notevole diminuzione di tipologie: da 42 configurazioni a 22. Questa riduzione è stata ottenuta in 3 modi:

- 1- sono state eliminate le specifiche che risultano essere poco richieste dal mercato, cioè quelle con correnti nominali pari a 1000 A e 1600 A;
- 2- è stata ridotto il numero di possibilità relative alla corrente ammissibile di breve durata: i valori possibili sono 31.5 KA e 50KA, che risultano essere i più richiesti dal mercato;
- 3- è stata introdotta una nuova tipologia di contatto unificata, con diametro da 55mm, in grado di realizzare diverse configurazioni fino a corrente nominale di 1250 A e corrente ammissibile di breve durata di 50KA (nei pannelli attuali veniva spesso utilizzato il contatto da 79mm, sovradimensionato).

Nonostante la riduzione delle tipologie di pannelli disponibili, le configurazioni progettate sono in grado di soddisfare le esigenze impiantistiche e di mercato attualmente coperte dalla gamma UniGear.

TENSIONE NOMINALE	LARGHEZZA UNITA'	DISTANZA TRA FASI	CORRENTE NOMINALE	CORRENTE AMMISSIBILE DI BREVE DURATA	DURATA PROVA ARCO INTERNO	DIAMETRO CONTATTI
[kV]	[mm]	[mm]	[A]	[kA]	[s]	[mm]
12	650	150	630	31,5	1	35
12	650	150	1000	31,5	1	35
12	650	150	1250	31,5	1	35
12	800	210	1250	40	1	79
12	800	210	1600	31,5	1	79
12	800	210	1600	50	0,5	79
12	800	210	2000	31,5	1	79
12	800	210	2000	50	0,5	79
12	1000	275	1600	31,5	1	79
12	1000	275	1600	50	0,5	79
12	1000	275	2000	31,5	1	79
12	1000	275	2000	50	0,5	79
12	1000	275	2500	31,5	1	109
12	1000	275	2500	50	0,5	109
17,5	650	150	630	31,5	1	35
17,5	650	150	1000	31,5	1	35
17,5	650	150	1250	31,5	1	35
17,5	800	210	1250	40	1	35
17,5	800	210	1600	31,5	1	79
17,5	800	210	1600	50	0,5	79
17,5	800	210	2000	31,5	1	79
17,5	800	210	2000	50	0,5	79
17,5	1000	275	1600	31,5	1	79
17,5	1000	275	1600	50	0,5	79
17,5	1000	275	2000	31,5	1	79
17,5	1000	275	2000	50	0,5	79
17,5	1000	275	2500	31,5	1	109
17,5	1000	275	2500	50	0,5	109
17,5	1000	275	3150	40	1	109
17,5	1000	275	3150	50	0,5	109
17,5	1000	275	3600	40	1	109
17,5	1000	275	3600	50	0,5	109
17,5	1000	275	4000	40	1	109
17,5	1000	275	4000	50	0,5	109
24	800	210	1000	25	1	35
24	800	210	1250	25	1	35
24	1000	275	1000	25	1	35
24	1000	275	1250	25	1	35
24	1000	275	1600	25	1	79
24	1000	275	2000	25	1	79
24	1000	275	2300	25	1	79
24	1000	275	2500	25	1	79

Tabella 1 Attuale gamma dell'UniGear

TENSIONE NOMINALE	LARGHEZZA UNITA'	DISTANZA TRA FASI	CORRENTE NOMINALE	CORRENTE AMMISSIBILE DI BREVE DURATA	DURATA PROVA ARCO INTERNO	DIAMETRO CONTATTI
[kV]	[mm]	[mm]	[A]	[kA]	[s]	[mm]
12	650	150	630	31,5	1	35
12	650	150	1250	31,5	1	35
12	800	210	1250	50	1	55
12	800	210	2000	31,5	1	79
12	800	210	2000	50	1	79
12	1000	275	2500	31,5	1	109
12	1000	275	2500	50	1	109
17,5	650	150	630	31,5	1	35
17,5	650	150	1250	31,5	1	35
17,5	800	210	1250	50	1	55
17,5	800	210	2000	31,5	1	79
17,5	800	210	2000	50	1	79
17,5	1000	275	2500	31,5	1	109
17,5	1000	275	2500	50	1	109
17,5	1000	275	3150	50	1	109
17,5	1000	275	3600	50	1	109
17,5	1000	275	4000	50	1	109
24	800	210	630	31,5	1	35
24	800	210	1250	31,5	1	35
24	1000	275	2000	31,5	1	79
24	1000	275	2300	31,5	1	79
24	1000	275	2500	31,5	1	79

Tabella 2 Gamma prevista per la nuova soluzione

5 STRUTTURA DEL NUOVO QUADRO

Il progetto della nuova soluzione ha lo scopo di creare una struttura in grado di ricoprire tutte le configurazioni attuali, che dovranno essere realizzate con il minor numero possibile di modifiche tra le diverse tipiche.

Abbiamo sfruttato il concetto di modularità che sarà sempre applicato, insieme alla funzionalità, nella logica di progettazione del futuro prodotto. Fino all'attuale generazione la modularità non era considerata una delle priorità del progetto; infatti veniva tenuta presente solo l'efficienza della soluzione. Ora, con l'esperienza che è stata conseguita in questo campo, è possibile studiare una nuova generazione di quadri introducendo anche questo ulteriore obiettivo.

Come si potrà osservare le differenze tra le diverse configurazioni risulteranno essere minori rispetto all'attuale gamma UniGear.

Per ciascuna configurazione verrà mostrato lo schema elettrico e la corrispondente struttura meccanica. Per completezza, le figure 22 e 23 riassumono i simboli utilizzati.

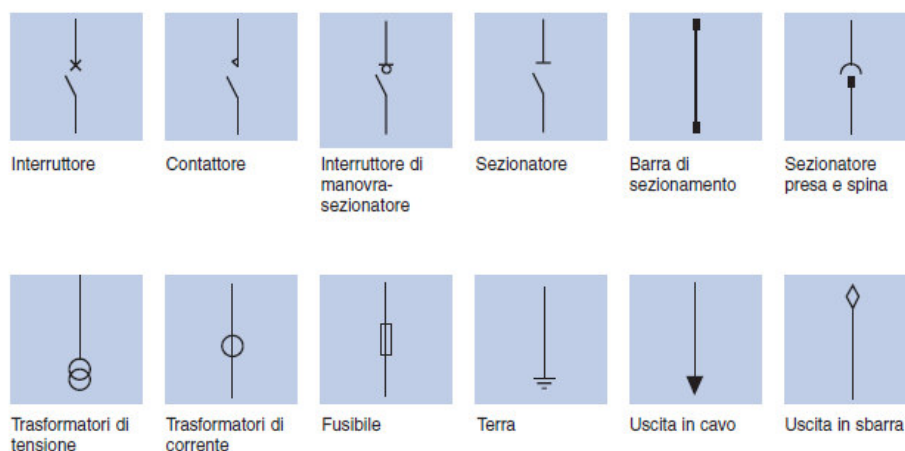
5.1 IF

La nuova soluzione rispetto all'attuale gamma non comporta evidenti differenze sul posizionamento dei componenti all'interno del pannello.

Una unificazione importante, valida per tutte le configurazioni, riguarderà la standardizzazione della profondità del quadro. Di conseguenza le lamiere che compongono le fiancate della struttura saranno sempre le stesse. Nell'attuale generazione, invece, la profondità del pannello è molto variabile, dipendendo dalla tipologia di TA installati, dalla tensione nominale e da altri aspetti della specifica richiesta dal cliente.

La profondità del nuovo pannello è pari a 1580mm; è più profonda rispetto alla soluzione odierna. Questo aumento non dovrebbe tuttavia penalizzare il mercato del nuovo prodotto essendo le dimensioni del quadro di minor importanza per i clienti, che basano principalmente le loro scelte in base all'affidabilità dell'unità.

Sono stati introdotti anche una serie di miglioramenti per razionalizzare i componenti che devono essere installati e semplificarne il loro montaggio. Queste nuove soluzioni saranno analizzate nel capitolo successivo.



Legenda dei componenti

- Componenti standard
- Accessori
- Soluzioni alternative

Figura 22. Simboli grafici

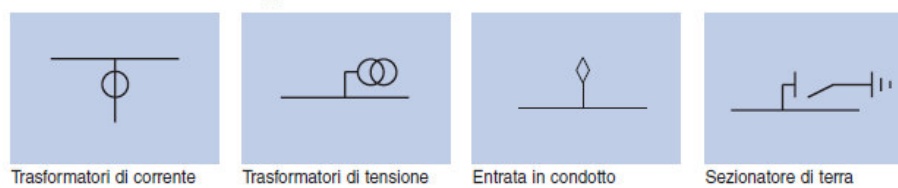


Figura 23 Schema unifilare delle applicazioni di sbarra

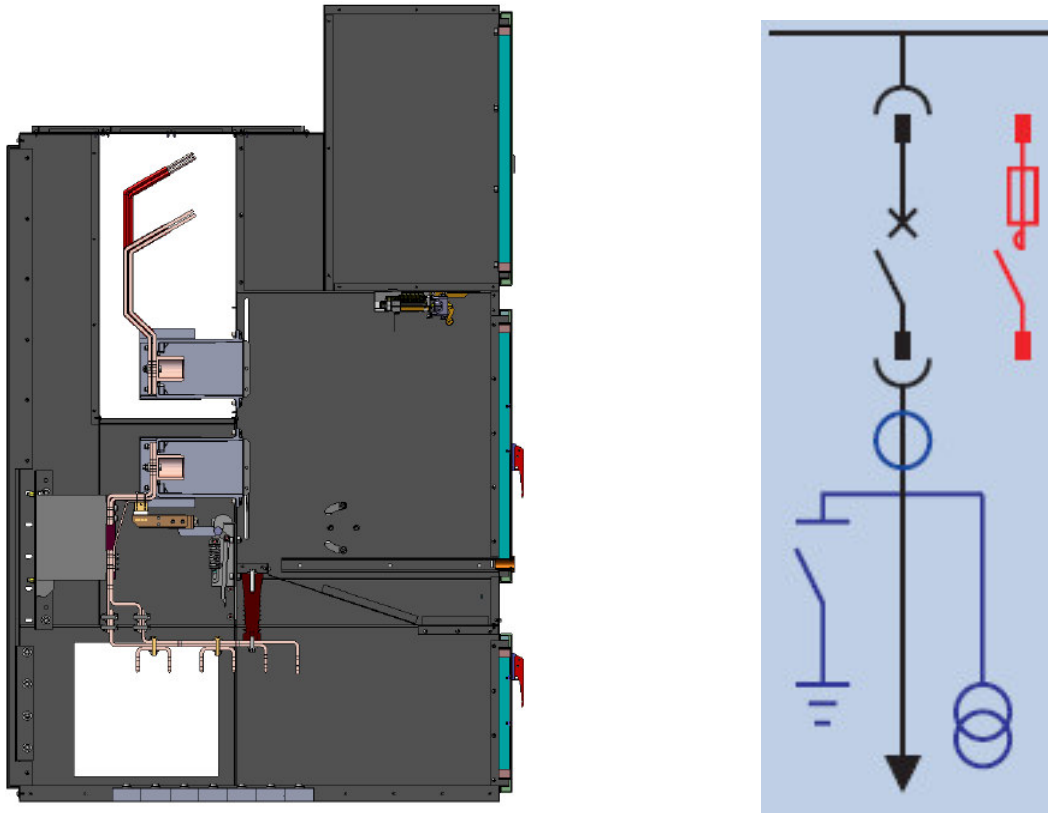


Figura 24 Sezione laterale di un pannello da 12 KV

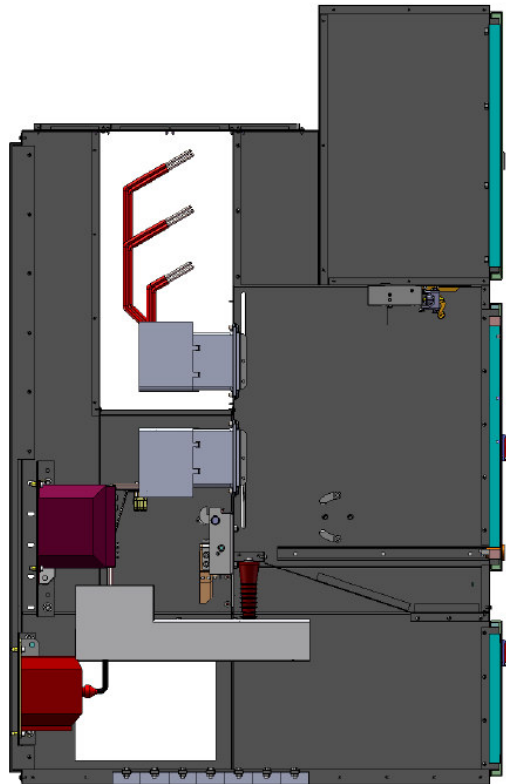


Figura 25. Sezione laterale di un pannello da 17.5KV

5.2 IFD

In questa configurazione le modifiche maggiori si presentano nella cella cavi. Si può notare che nella nuova soluzione la piastra con i monoblocchi risulta essere sempre installata, anche se all'interno dei monoblocchi non verranno montati i contatti ma dei tappi che servono a garantire l'isolamento della cella interruttore.

Questo componente risulta avere anche una funzione portante per tutte le sbarre che verranno installate all'interno del quadro.

Rispetto alla soluzione IF basterà non montare le protezioni dei monoblocchi e collegare direttamente quello inferiore con quello superiore con semplici sbarre di rame bypassando così l'interruttore.

Nella cella interruttore non verranno installati i seguenti componenti: guide interruttore, leve di azionamento delle serrande, leverismi e serrande stesse.

Nella cella di bassa tensione non verrà installata l'applicazione che fornisce la segnalazione ed i relativi contatti ausiliari atti a rilevare la presenza dell'interruttore nella cella sottostante.

Si vede quindi che questa configurazione è molto simile alla precedente e utilizza per la gran maggioranza gli stessi componenti: la stessa logica di standardizzazione viene applicata ovunque possibile per tutti i tipi di pannello.

Figura 26. Sezione laterale di un pannello da 12KV.

32

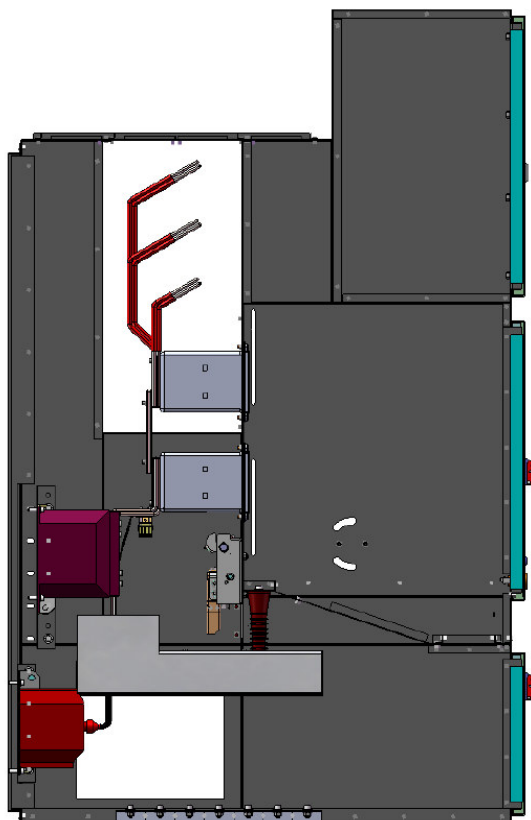


Figura 27. Sezione laterale di un pannello a 17.5KV.

5.3 IFDM

Si differenzia rispetto all'IFD perché verranno montati 3 contatti da 35mm all'interno dei monoblocchi superiori, saranno installate le guide dell'interruttore ed anche la serranda superiore di chiusura con il relativo azionamento ed i leverismi che ne permettono il funzionamento. Nella cella bassa di tensione sarà prevista l'installazione dell'applicazione con i contatti ausiliari, che servirà per la segnalazione della presenza del carrello TV nella cella interruttore.

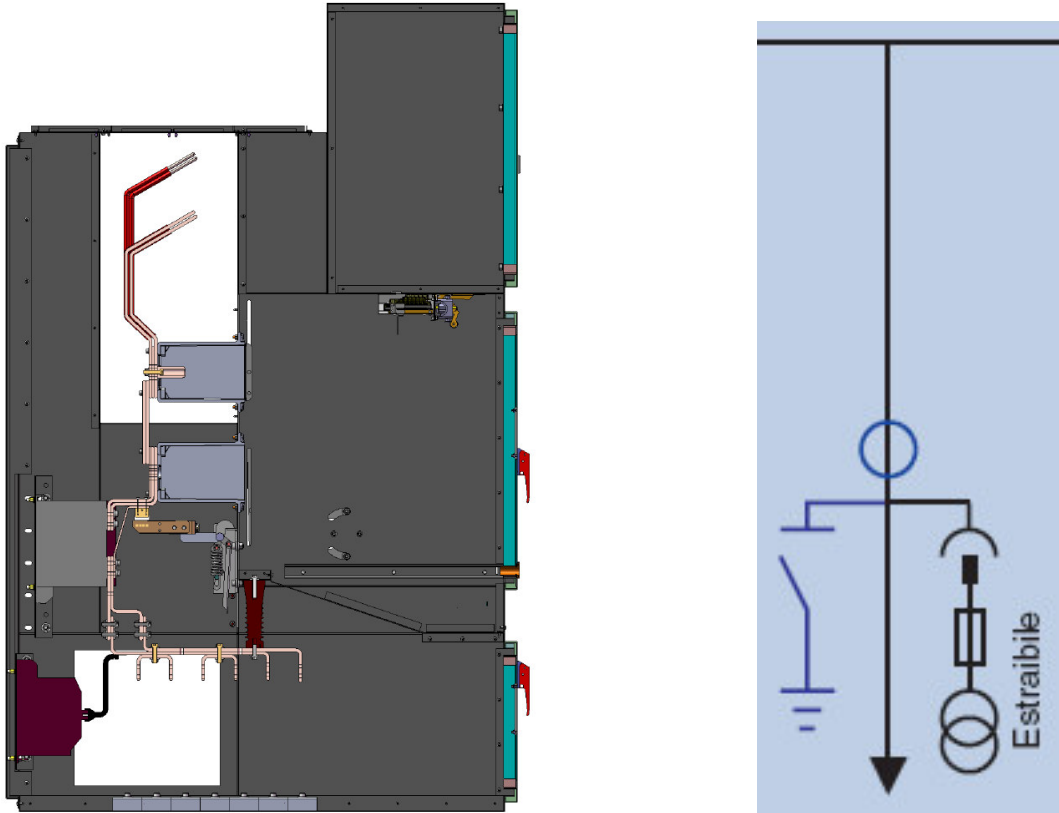


Figura 28. Sezione laterale di un pannello a 12KV

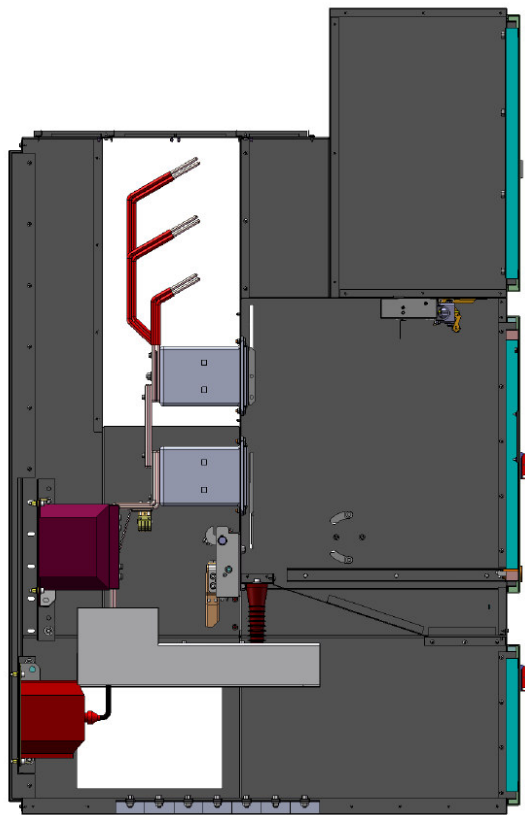


Figura 29. Sezione laterale di un pannello da 17.5 KV

5.4 BT

Questa configurazione è simile a quella attualmente utilizzata: i miglioramenti nei componenti verranno trattati nel prossimo capitolo.

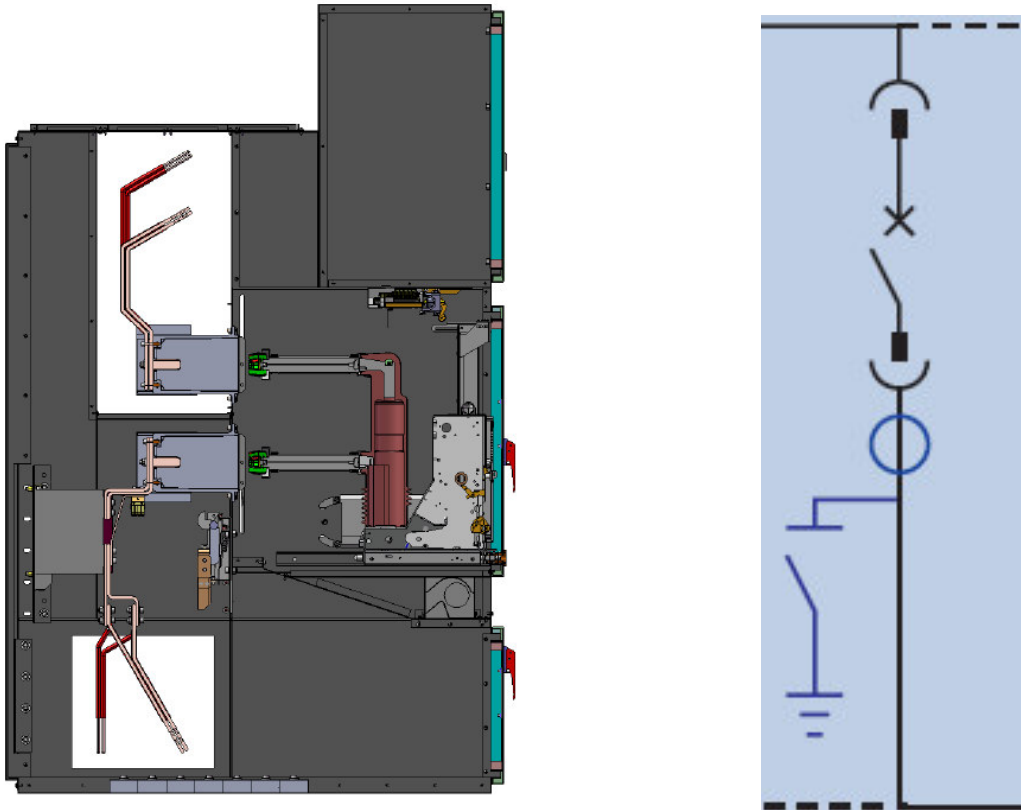


Figura 30. Sezione laterale di un pannello con interruttore estratto.

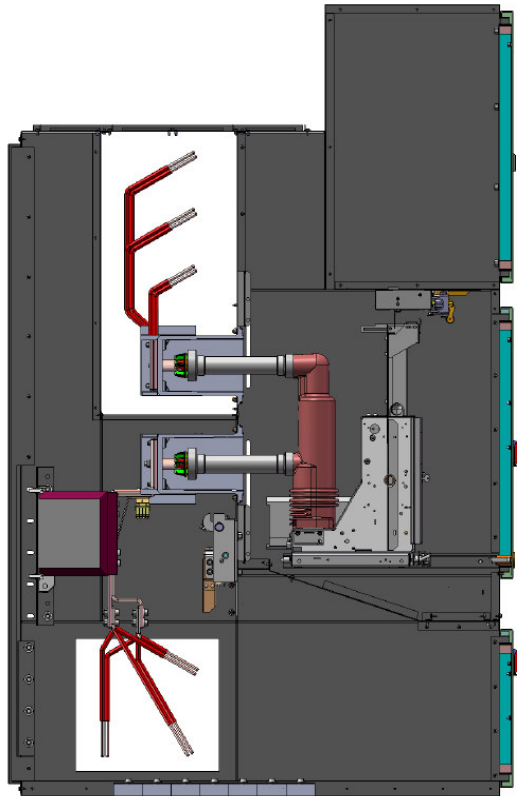


Figura 31. Sezione laterale di un pannello con interruttore inserito.

5.5 R

Questo tipo di pannello è stato completamente riprogettato allo scopo di riutilizzare il più possibile i componenti già presenti in altre configurazioni. Ad esempio, non si ha più una sbarra composta da un solo componente per fase, ma il percorso sbarre è composto da diverse parti utilizzate anche in altre configurazioni.

In sostituzione dei TA vengono installati degli isolatori portanti con la funzione di sostenere meccanicamente il circuito di rame del quadro.

La cella interruttore e quella di bassa tensione risultano essere equipaggiate come nel caso della IFD.

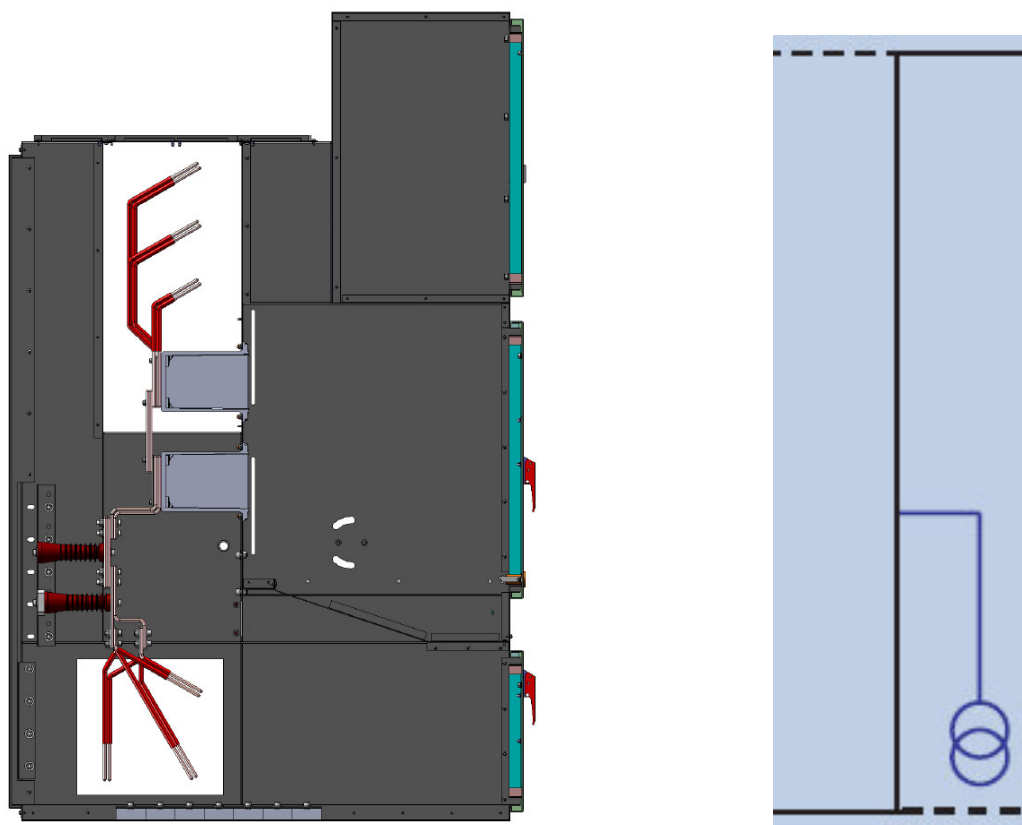


Figura 32. Sezione laterale di un pannello.

5.6 RM

Le differenze tra una R e una RM (presenza di dispositivi di misura) sono le stesse che tra una IFD ed una IFDM, con una notevole semplificazione per l'operatore che dovrà realizzare l'assemblaggio delle unità.

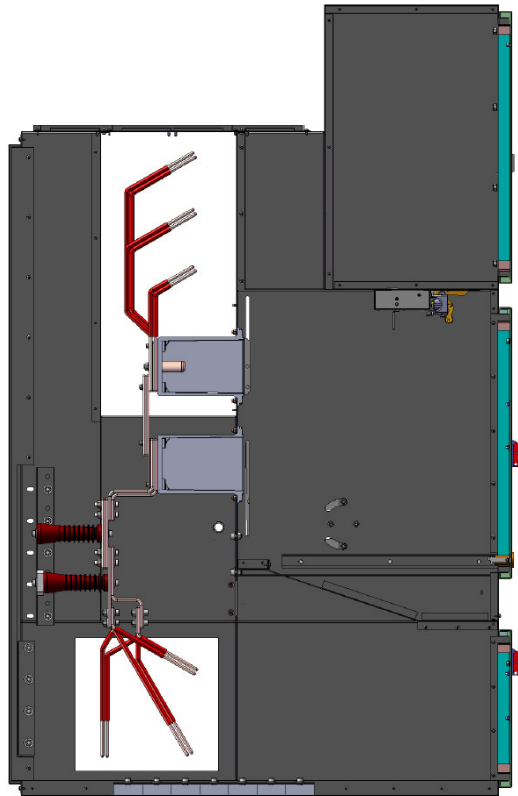


Figura 33. Sezione laterale di un pannello.

5.7 M

Anche in questa tipica verrà installata la piastra con i monoblocchi, ed il collegamento con le sbarre principali sarà effettuato con la sezione più piccola a disposizione.

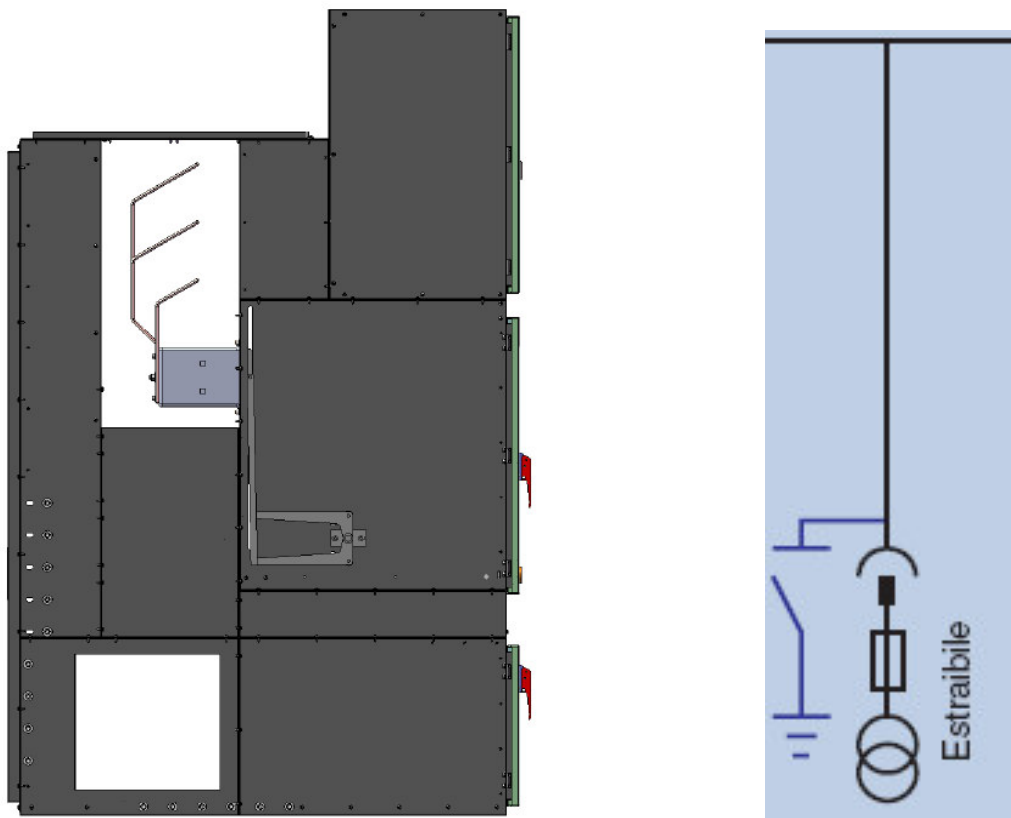


Figura 34. Sezione laterale di un pannello

In questo tipo di pannello è possibile inserire contemporaneamente un apparato di misura e un sezionatore di terra. Questa combinazione, difficile da realizzare con il prodotto attuale, è realizzabile semplicemente prolungando le sbarre e installando alcuni componenti aggiuntivi, già utilizzati in altre configurazioni.

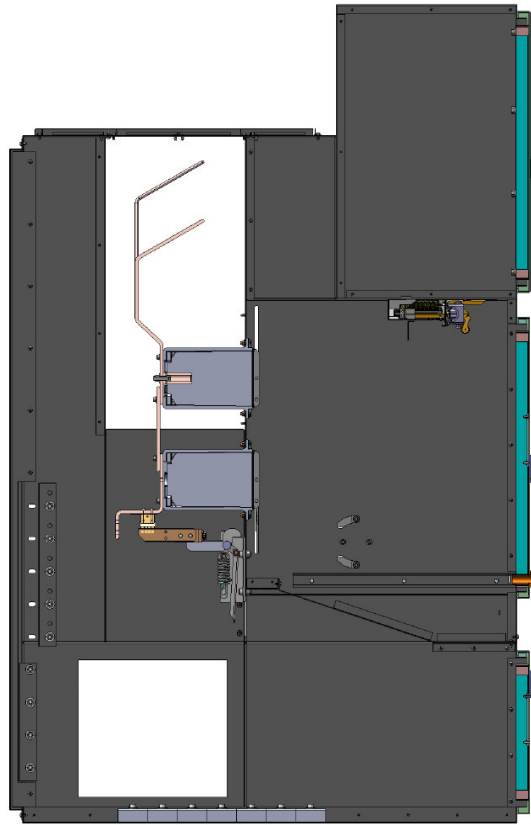


Figura 35. Sezione laterale di un pannello con sezionatore chiuso.

6 CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI PIU' IMPORTANTI

In questo capitolo si descrivono più approfonditamente le differenze tra l'attuale pannello e la nuova soluzione. La descrizione sarà ordinata per celle, con una ulteriore sezione dedicata alle porte.

6.1 CELLA CAVI

6.1.1. Fiancate

L'elemento più significativo del nuovo progetto, e il più importante per la struttura del quadro, riguarda la costruzione del meccanismo di sezionamento. Infatti fino ad oggi il comando del sezionatore è sempre stato alloggiato in un apposito vano creato all'interno delle lamiere del pannello. Il nostro progetto si è invece proposto di far passare questo meccanismo all'esterno di esse, evitando così di creare un percorso interno per i leverismi, che è causa di notevoli problemi funzionali e costruttivi.

Per realizzare questa modifica è stato necessario invertire il verso di piegatura delle lamiere: fino ad ora erano piegate verso l'interno, nel nuovo prodotto saranno piegate verso l'esterno.

Si tratta di un cambiamento assai rilevante, perché la larghezza dei pannelli è standardizzata e la piegatura verso l'esterno lascia minori spazi a disposizione all'interno della struttura. Si devono infatti creare delle fiancate con piegatura verso l'esterno della profondità di almeno 65mm per ciascuno dei due lati: si avrà quindi all'interno del pannello una larghezza totale pari allo standard meno 130mm.

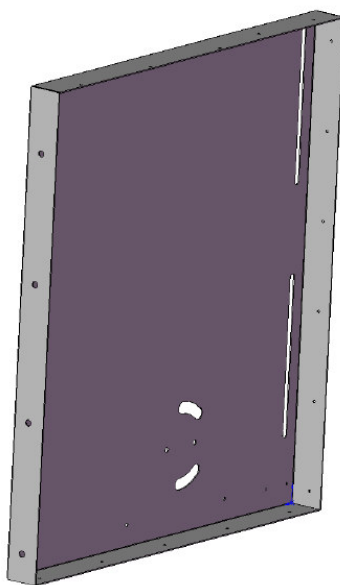


Figura 36 Fiancata destra della cella interruttore

6.1.2. Basamento

Il basamento del quadro è stato uniformato cambiando in funzione delle sole larghezze predefinite ed è provvisto di un'apertura sul fondo, adeguata ad accogliere tutte le possibili tipologie di cavi fino ad un massimo di 6 conduttori per fase. Anche il sistema di fissaggio dei conduttori è stato rivisto, ora è più semplice e funzionale. E' stato anche tenuto conto, nel caso il cliente lo richieda, della possibilità di installare gli scaricatori di sovratensione nella posizione di ingresso dei cavi.

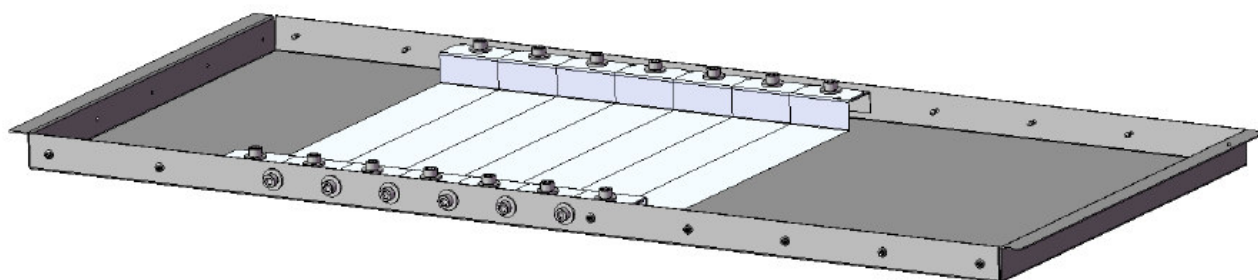


Figura 37 Basamento da 800mm con chiusura di fondo

Un'altra possibilità tenuta in considerazione durante la progettazione di questa cella è che, a richiesta del cliente, sia possibile installare una terna di TV estraibili nella zona cavi, più precisamente nella posizione che va dalla porta della cella cavi fino ai cavi stessi. Questa soluzione comporterà di dover utilizzare un cavo in meno per ciascuna fase. Finora questa richiesta veniva soddisfatta realizzando una carpenteria speciale, più profonda rispetto al resto del quadro.

6.1.3. Cassetto anteriore

Questa parte deve essere asportabile facilmente, una volta che il pannello è completo, per permettere di collegare i cavi di alimentazione. Questa operazione risulterebbe molto difficoltosa se eseguita attraverso la porta della cella cavi, essendo il vano piccolo e scomodo da raggiungere da parte dell'addetto. Invece potendo rimuovere il cassetto, avendo estratto inizialmente l'interruttore dal quadro, l'operatore avrà a disposizione molto più spazio per effettuare l'allacciamento dei cavi.

La nuova soluzione prevede delle guide installate sulle fiancate anteriori, ove il cassetto può scorrere, e delle viti di fissaggio nella zona di battuta con il rinforzo situato nella parte inferiore della cella interruttore. Rimuovendo queste viti ed aprendo sia la porta cavi che quella interruttore il cassetto può essere rimosso e l'addetto può svolgere le proprie mansioni. Inoltre il

cassetto può essere equipaggiato con un ventilatore per evitare surriscaldamenti dovuti a correnti elevate.

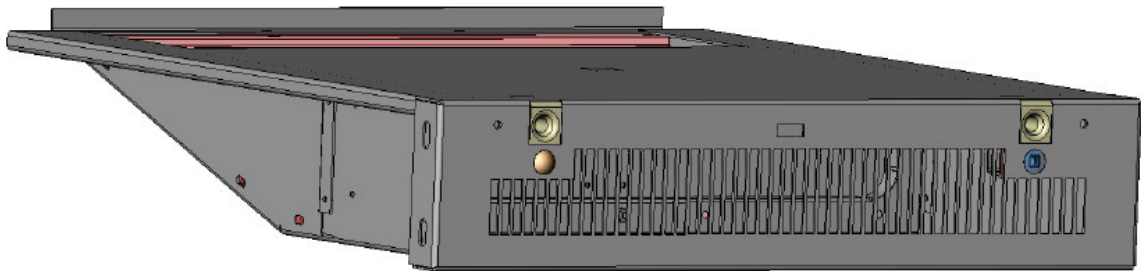


Figura 38 Attuale soluzione del cassetto estraibile

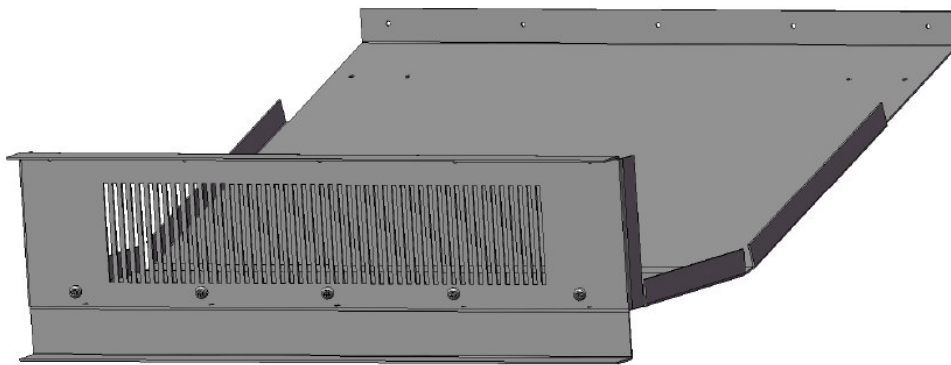


Figura 39 Nuova soluzione per il cassetto estraibile

6.1.4. Supporto TV

Anche il supporto dei TV è stato unificato: si possono installare due tipologie di trasformatori, una che serve la gamma da 12kV e 17,5kV, l'altra per 24kV. Viene realizzata una doppia foratura che può ospitare entrambe le soluzioni.

6.1.5. TA

Nella zona superiore della cella cavi si vogliono uniformare il più possibile le diverse tipologie di sbarre. Per coprire l'intera gamma di portate dobbiamo essere in grado di poter installare 9 diversi tipi di TA:

TENSIONE NOMINALE	CORRENTE NOMINALE	VERSIONE
[kV]	[A]	
12 -17.5	≤ 1250	CORTA
12 -17.5	≤ 1250	LUNGA
12 -17.5	≤ 2500	CORTA
12 -17.5	≤ 2500	LUNGA
12 -17.5	<4000	TOROIDALE
24	≤ 1250	CORTA
24	≤ 1250	LUNGA
24	≤ 2500	CORTA
24	≤ 2500	LUNGA

Tabella 3 Tipologie di TA installabili nel pannello

Questi modelli sono caratterizzati da diverse posizioni delle asole di fissaggio. Analizzando tutte le possibili combinazioni delle asole è stata trovata la foratura da effettuare sulla lamiera dedicata a fornire il sostegno dei TA. In alcuni casi sono state trovate delle interferenze tra i diversi fori; è stato quindi necessario prevedere che questa piastra possa essere installata in due posizioni differenti: nel caso 12-17.5 KV utilizzando come fissaggio della piastra sulla fiancata una serie di fori, invece nel caso a 24 KV e quello con TA toroidali, utilizzando un'altra foratura sfalsata di 40mm.

Vi è anche una differenza di profondità di 60mm tra i TA da 12-17.5KV e 24kV, a causa di ciò è stata aggiunta una doppia foratura della fiancata laterale dove sarà fissata la piastra dei trasformatori.

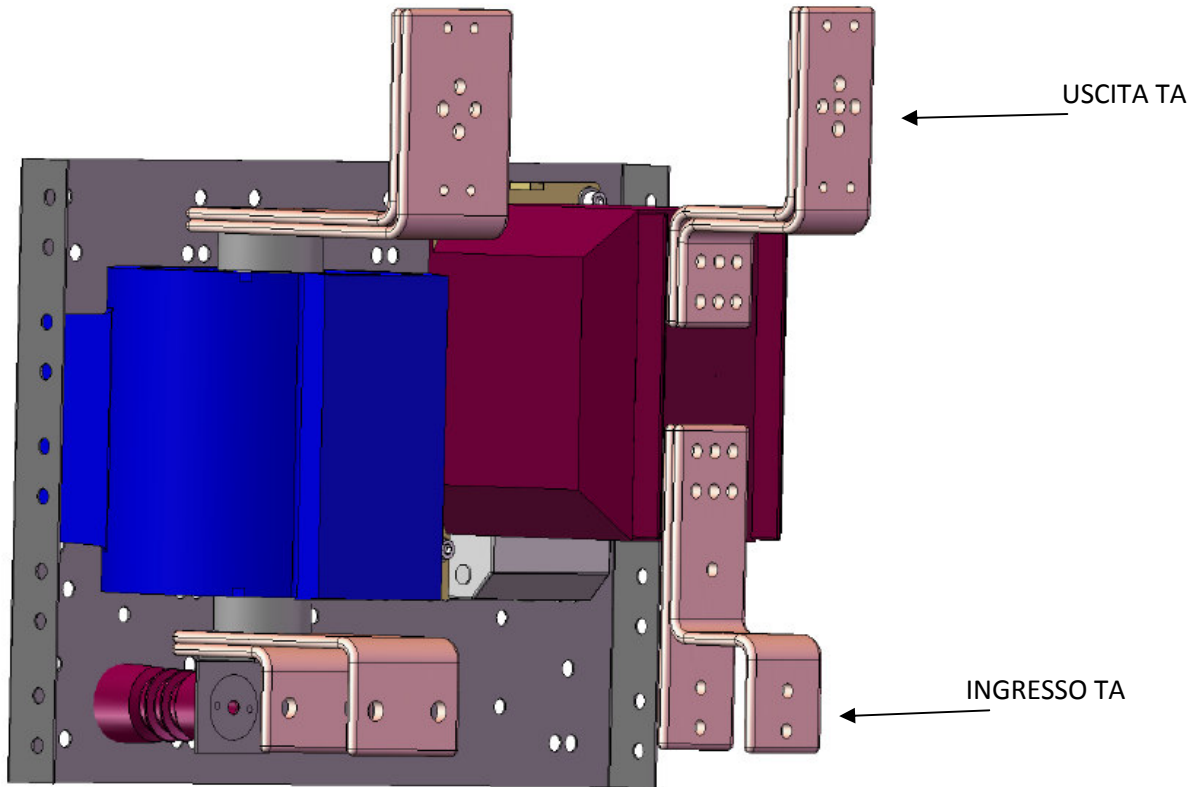


Figura 40 Confronto tra un TA da 4000A e un TA per la tensione nominale di 24KV

Bisogna anche ricordare che non in tutte le configurazioni le sbarre di rame sono doppie per ogni singola fase; nel caso in cui ho correnti fino a 1250 A è sufficiente solo una sbarra e quindi la posizione dei TA deve avanzare dello spessore mancante (cioè 10mm).

Nell'attuale generazione è previsto un distanziale che recupera la misura; nella nuova soluzione si è preferito realizzare un'asola sulla fiancata anziché un semplice foro, in modo da garantire lo spostamento necessario alla piastra.

CORRENTE NOMINALE [A]	SBARRE UNITA'	SBARRE PRINCIPALI	TENSIONE NOMINALE		
			12KV	17,5KV	24KV
			GUAINA ISOLANTE		
630	1 x 60 x 10	1 x 80 x 10	NO	SI	SI
1250	1 x 80 x 10	1 x 80 x 10	NO	SI	SI
2000	2 x 80 x 10	2 x 80 x 10	NO	SI	SI
2500	2 x 100 x 10	2 x 100 x 10	NO	SI	SI
3150	2 x 120 x 10	2 x 100 x 10	NO	SI	SI
3600	2 x 120 x 10	2 x 100 x 10	NO	SI	SI
4000	2 x 120 x 10	2 x 100 x 10	SI	SI	SI

Tabella 4 Tipologie di sbarre in funzione della corrente e tensione nominale

Oltre alla definizione della piastra, di fondamentale importanza è anche l'analisi delle connessioni da realizzare. Si è deciso di utilizzare dei riferimenti comuni per l'ingresso e l'uscita dei TA, validi per tutte le tipologie. Si è iniziato analizzando l'uscita che collega i TA con i monoblocchi inferiori e prevede, nel caso in cui sia richiesta, anche l'applicazione dei contatti del sezionatore di terra sugli stessi collegamenti. E' stato quindi individuato un circuito che soddisfa tutte le tipologie di trasformatori.

Per le sbarre in ingresso dei TA sono state invece unificate le posizioni di partenza, dove viene montato il sistema di sbarre del congiunture o quello che prevede l'allacciamento dei cavi di alimentazione.

Questo permette di ridurre notevolmente le tipologie di sbarre utilizzate senza limitare la gamma offerta dal prodotto.

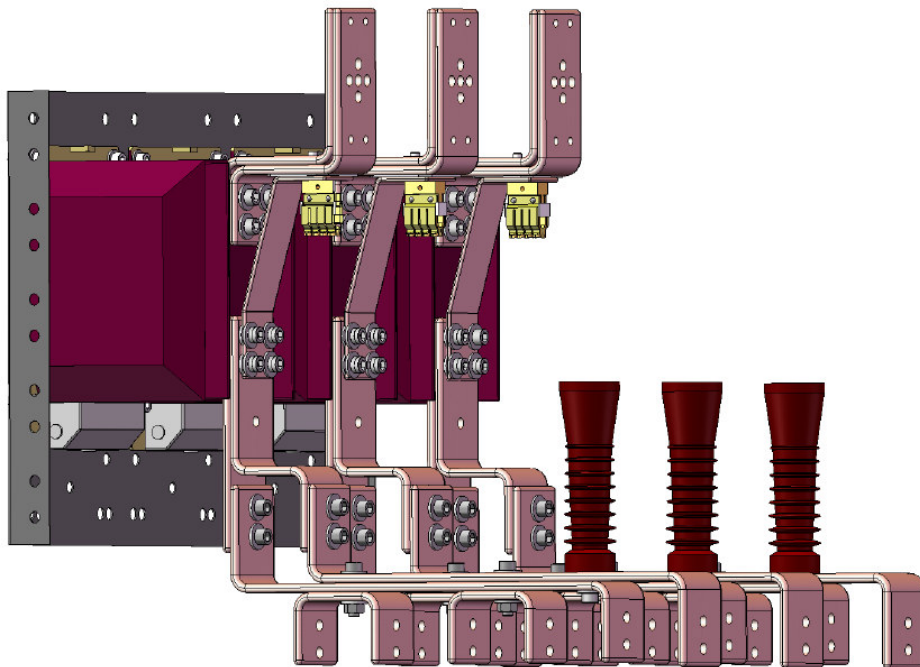


Figura 41 Piastra con TA da 2500A con tensione nominale di 12KV per un'unità della famiglia delle IF che prevede il sezionatore di terra

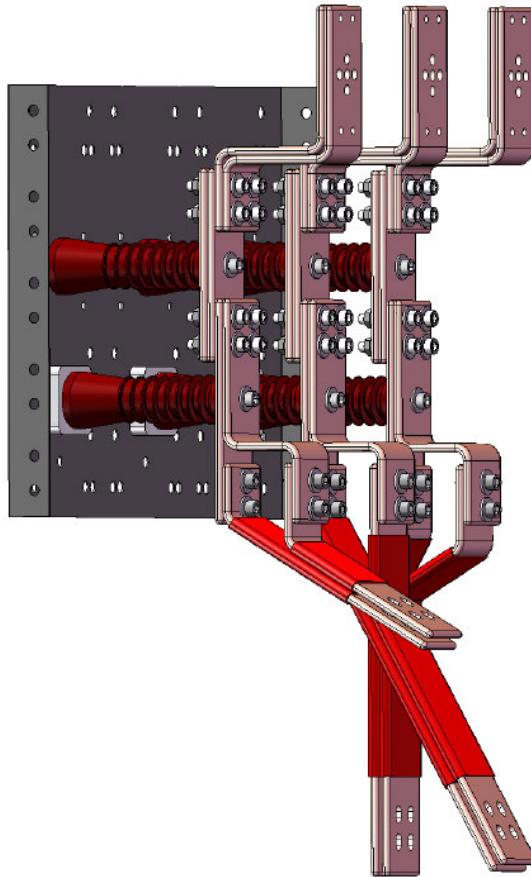


Figura 42 Piastra senza TA con disposizione a congiuntore

In cella cavi è stata definita anche la posizione del sezionatore di terra [3], che sarà di una singola tipologia con la sola larghezza variabile in funzione di quella del quadro. La struttura di questo componente è stata riprogettata; ora il fulcro del movimento è nella zona superiore, permettendo quindi di guadagnare spazio nella zona sottostante.

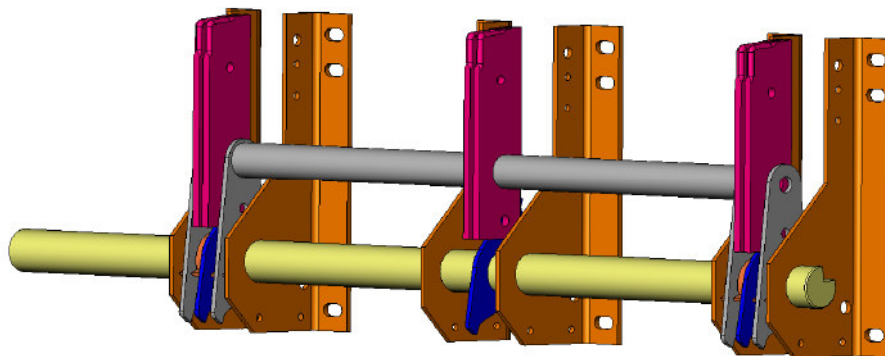


Figura 43 Una delle attuali tipologie del sezionatore di terra

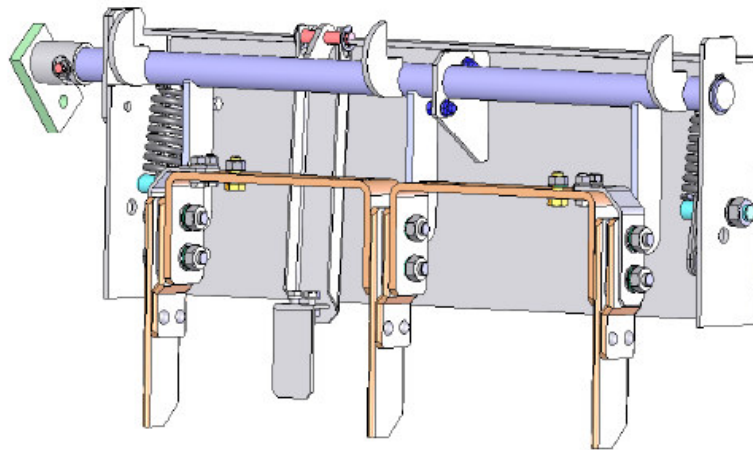


Figura 44 Nuova soluzione del sezionatore di terra

Anche i contatti fissi sono differenti rispetto all'attuale generazione: sono stati introdotti contatti a pinza che garantiscono prestazioni migliori nei casi più gravosi, cioè con correnti elevate.

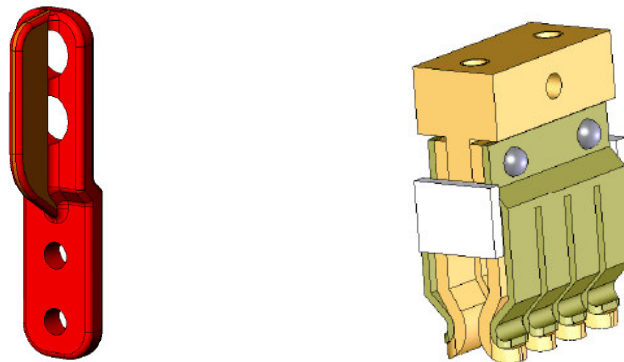


Figura 45 Contatti fissi dell'attuale generazione confrontati con la nuova soluzione

6.2 CELLA INTERRUTTORE

Come descritto nei capitoli precedenti, le dimensioni e le caratteristiche della cella interruttore determinano quelle di tutto il resto del pannello. La cella interruttore è stata riprogettata completamente, a partire dal monoblocco, cioè l'importantissimo elemento di contatto tra l'apparecchio (estraibile) e il pannello.

Questo componente viene realizzato da fornitori esterni, come tutte le parti isolanti. Allo scopo di razionalizzare i componenti e diminuire i costi si è scelto di progettare un unico tipo di monoblocco, in grado di soddisfare più esigenze possibile, in modo da incrementare i volumi produttivi e diminuire il costo unitario.

Uno dei problemi da risolvere era alloggiare all'interno di un unico monoblocco diversi tipi di contatto, con diversi diametri a seconda delle prestazioni fornite dal pannello.

Il primo passo è stato standardizzare la lunghezza dei contatti: tutti i tipi di contatti hanno ora una lunghezza pari a 87mm, essendo sia la corsa che la profondità degli interruttori fissata.

La soluzione precedente per avere dei monoblocchi intercambiabili con i contatti prevedeva che tutti i tipi fossero fissati attraverso un foro centrale, ove veniva inserita una vite che passava la sbarra e si serrava in una bussola annegata nel monoblocco. Per i contatti di diametro più elevato, però, la coppia di serraggio della vite risultava molto elevata ed anche durante il funzionamento si evidenziavano problemi di riscaldamento essendo le superfici a contatto un'area inferiore rispetto alla dovuta, con un aumento di perdite per effetto Joule.

La nuova soluzione prevede che il contatto sia fissato direttamente alle sbarre di rame tramite una vite con rosetta e dado, e che successivamente le sbarre siano fissate ai monoblocchi attraverso bussole filettate installate all'interno di questi. Il problema dovuto alla differenza del diametro del contatto è risolto prevedendo anelli di materiale isolante che si montano ad incastro sul monoblocco e fungono anche da supporti per il centraggio dei contatti.

Anche i fori per il fissaggio dei contatti alle sbarre di rame sono stati rivisti: infatti, solo per i contatti da 35mm e 55 mm si utilizza il solo foro centrale; per il contatto da 79mm si hanno due fori, e per il 109 mm si hanno 4 fori in modo da avere coppie di serraggio meno elevate e soprattutto una distribuzione migliore della pressione sul materiale, e di conseguenza una diminuzione della resistenza stessa dell'insieme sbarre più contatto.

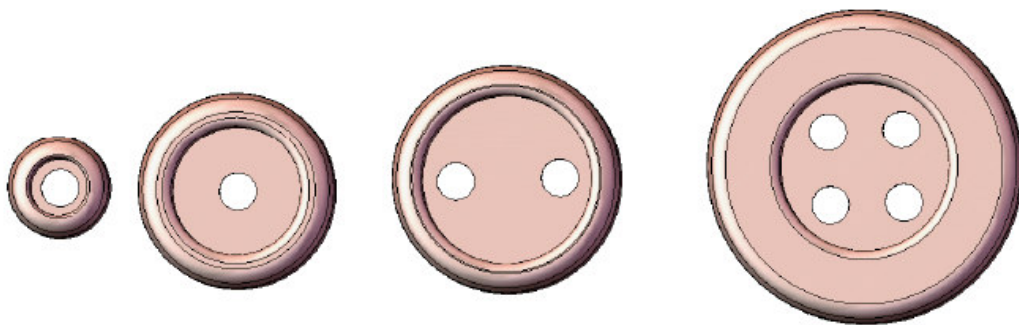


Figura 46 Nuova soluzione dei contatti, da sinistra il 35mm, il 55mm, il 79mm, il 109mm.

La realizzazione di fori con interassi così piccoli, soprattutto nel caso del 109mm, è stata possibile grazie al nuovo macchinario che lavora le sbarre di rame, che permette di avere una distanza di tangenza tra i punzoni di 5mm senza che il materiale presenti delle deformazioni dopo essere stato lavorato.

Una volta fissata la sbarra con il contatto al monoblocco è prevista l'installazione in modo molto veloce di una protezione isolante posteriore che sarà montata ad incastro su appositi inviti.

Questo monoblocco sarà in grado di soddisfare tutte le esigenze dei pannelli da 800 e 1000mm di larghezza; invece per quelli da 650mm è prevista una soluzione più compatta, in grado di alloggiare solo il contatto da 35mm, evitando così l'installazione dell'anello isolante.

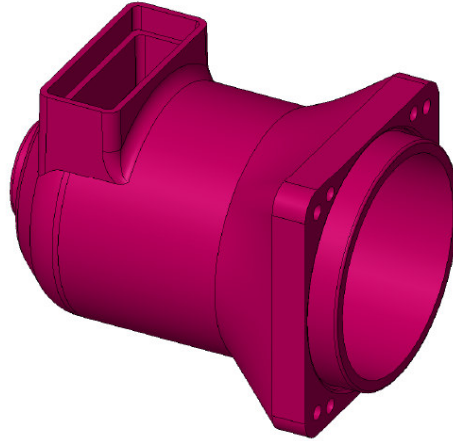


Figura 47 Attuale soluzione di monoblocco per tensioni nominali di 12KV

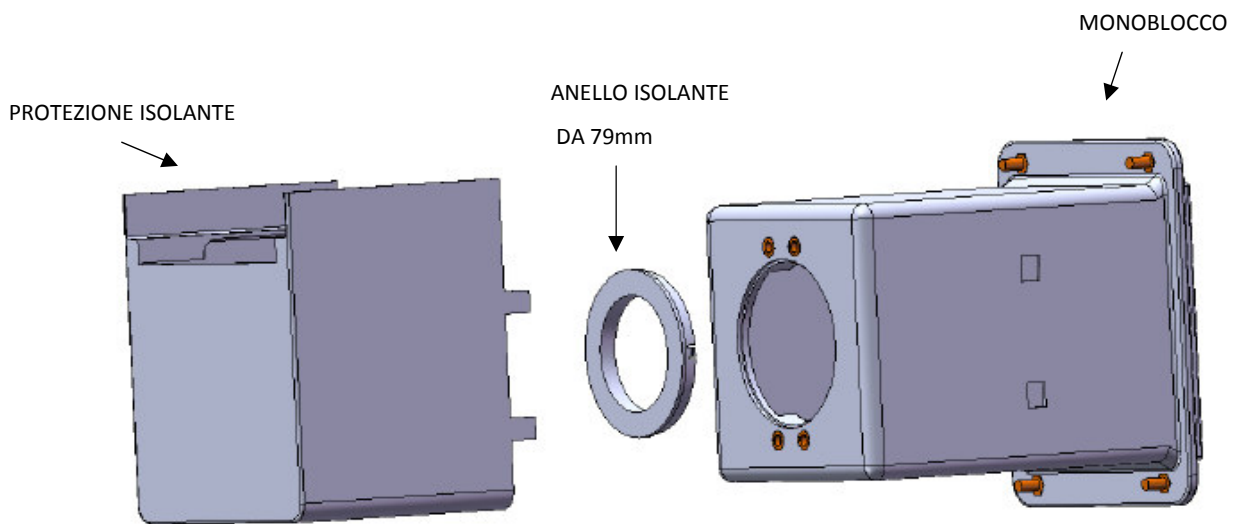


Figura 48 Nuova soluzione di monoblocco e relativi accessori

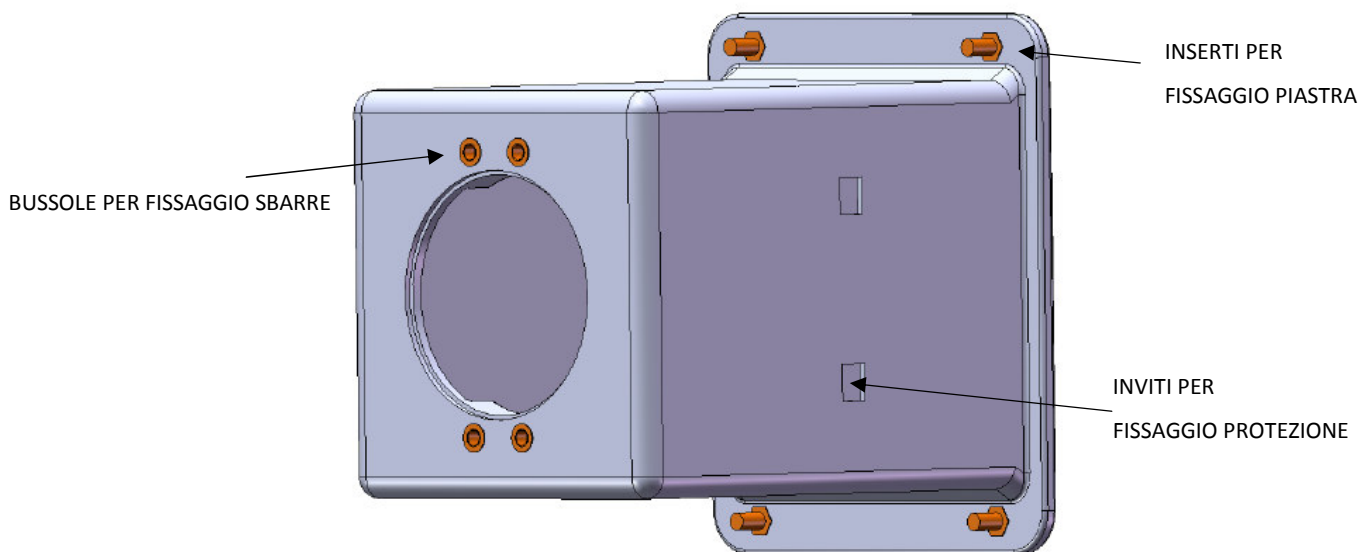


Figura 49 Monoblocco e particolari

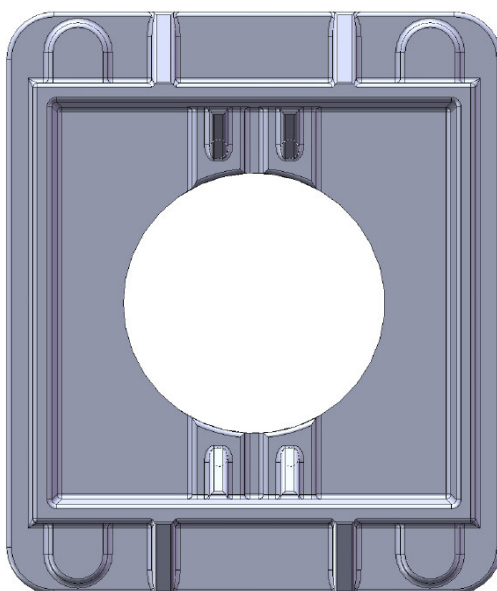


Figura 50 Vista frontale monoblocco

Un altro meccanismo che è stato rivisto riguarda il sistema di serrande che serve per garantire la chiusura dei monoblocchi quando l'apparecchio elettrico di chiusura ed interruzione non è presente nella cella interruttore, evitando così l'accesso a contatti potenzialmente in tensione. Il problema maggiore in questo caso era collocare i comandi di azionamento per i leverismi che permettono il movimento delle serrande: l'installazione nella vecchia posizione non era più possibile, essendosi ridotta la larghezza interna del quadro. La soluzione individuata è stata di posizionare questi comandi sulle fiancate delle cella interruttore, non più internamente ma

esternamente, e prevedere delle cave sulla fiancata che permettano all'interruttore, con apposite guide, di comandare il movimento delle serrande. Questi nuovi comandi sono più compatti e semplici da realizzare rispetto ai precedenti. Inoltre, i componenti utilizzati per assemblare il comando sono gli stessi sia per quello posizionato a destra che per quello posizionato a sinistra.

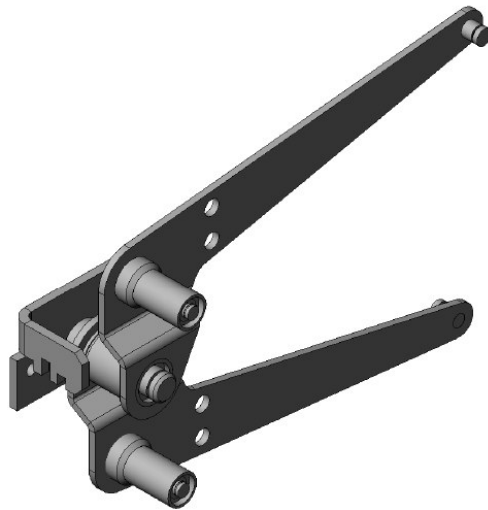


Figura 51 Attuale soluzione per l'azionamento delle serrande

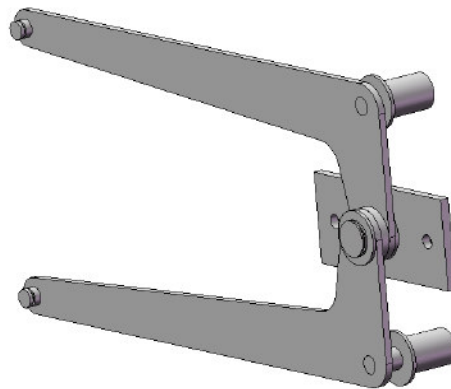


Figura 52 Nuova soluzione per l'azionamento delle serrande

Anche le serrande sono state riprogettate, rendendole più facili da costruire, e soprattutto unificandone la struttura tra quella superiore ed inferiore. In ciascun pannello, insieme all'interruttore verrà installata una coppia di serrande uguali, di dimensioni variabili in base alla larghezza del quadro. Per la tensione più elevata (24 KV) le serrande saranno verniciate con una vernice isolante ad alte prestazioni.

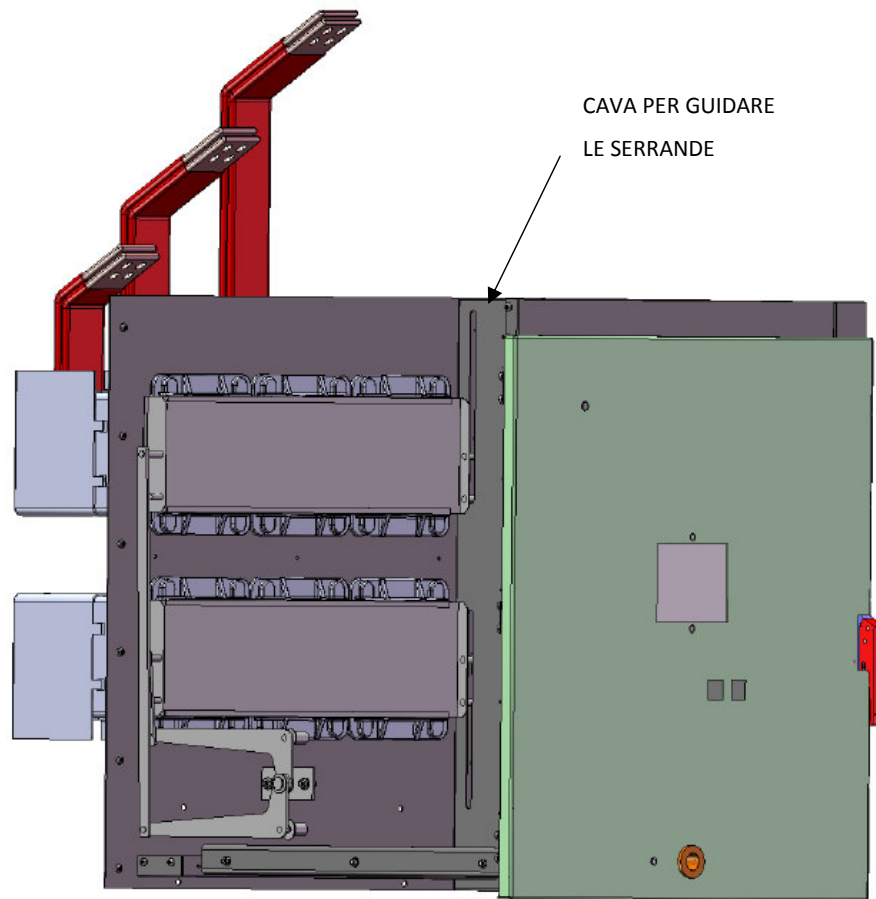


Figura 53 Cella interruttore con serrande chiuse

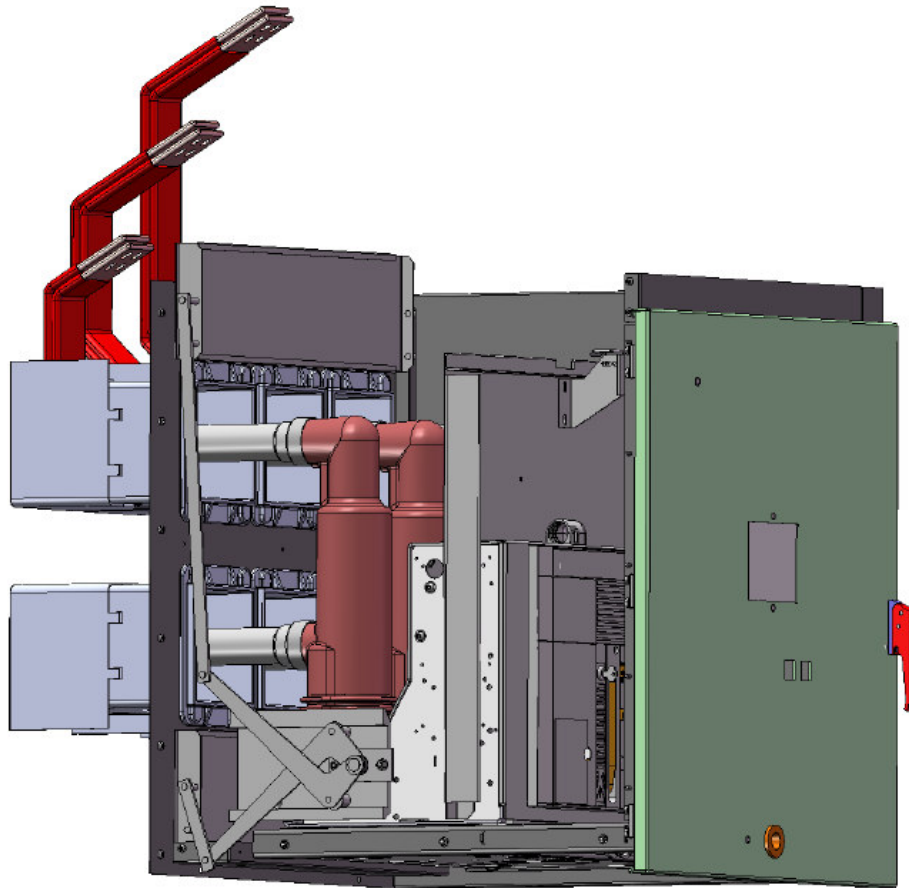


Figura 54 Cella interruttore con serrande aperte ed apparecchio inserito

Le guide che servono per contenere le serrande nel loro movimento sono state sostituite da una cava realizzata sulla fiancata della cella, evitando così di installare componenti aggiuntivi.

Le guide interruttore sono state ridisegnate al fine di ottenere una soluzione unica che vada bene per qualsiasi pannello, essendo la corsa sempre pari a 250mm. Il loro profilo è più semplice ed è cambiato anche il materiale utilizzato per la loro realizzazione: dall'alluminio si è passati all'acciaio zincato.

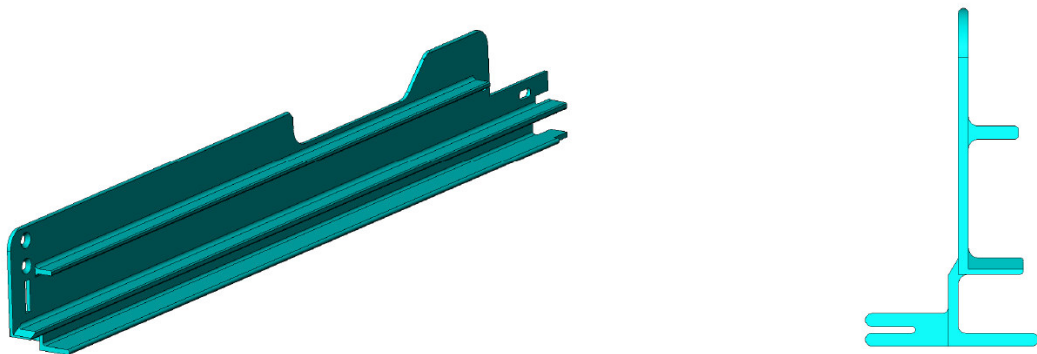


Figura 55 Attuale guida da 200mm e vista del profilo frontale

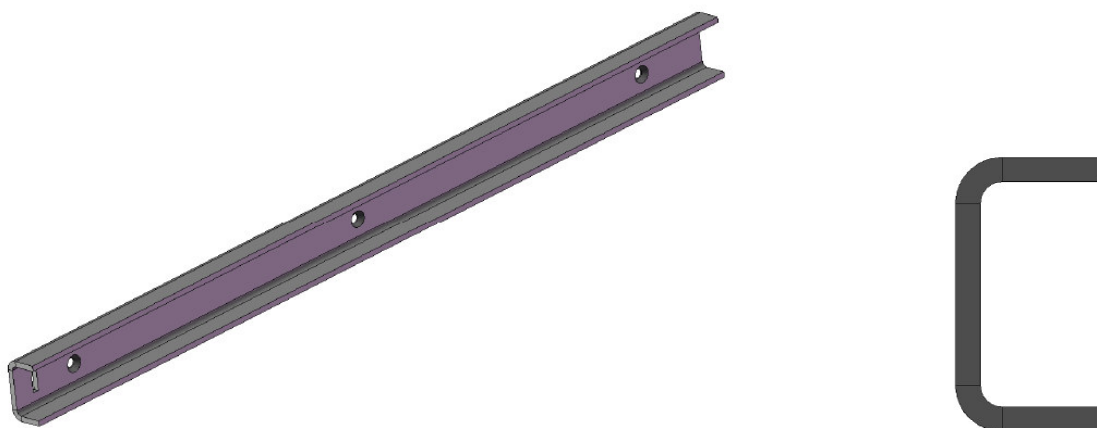


Figura 56 Nuova soluzione standardizzata della guida interruttore e profilo frontale

La piastra dei monoblocchi è stata semplificata: ora vi è una differenza di foratura solo nel caso in cui venga costruito un pannello da 650 mm dove i monoblocchi sono differenti. Sono state eliminate le piastre prive degli alloggiamenti dei monoblocchi, che nella vecchia soluzione riguardava il caso della famiglia delle risalite.

Anche nella configurazione dove è richiesta l'unità misure supplementare nella cella interruttore si utilizza la soluzione standard.

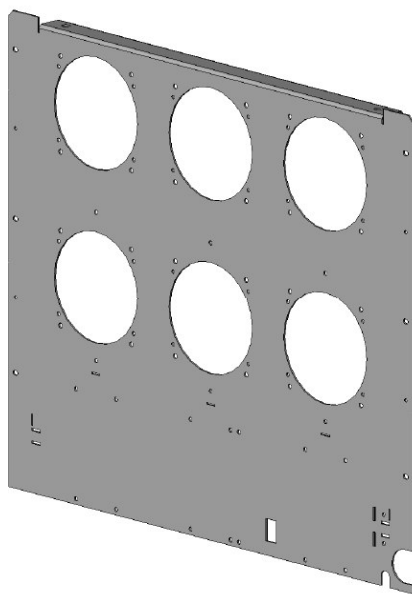


Figura 57 Attuale soluzione della piastra dei monoblocchi da 650mm

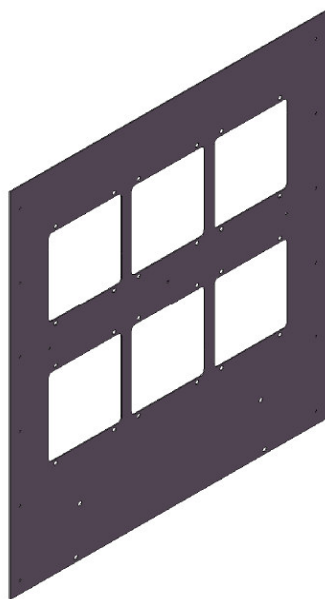


Figura 58 Nuova soluzione della piastra dei monoblocchi da 800mm

Queste modifiche consentono di realizzare una cella interruttore standard, che in caso di necessità permette la sostituzione dell'apparecchio elettrico con uno di altra tipologia, senza modifiche alla struttura. L'unico vincolo riguarda la larghezza dell'apparecchio, che deve essere adatta al tipo di pannello.

6.3 CONDOTTO GAS E FLAP

Obiettivo di questa parte del progetto è creare un nuovo condotto di sfogo dei gas combusti, che sia in grado di resistere alla situazione più gravosa che si può verificare e che si possa montare facilmente in sito. Risolti i problemi tecnici, è stata realizzata una soluzione standard.

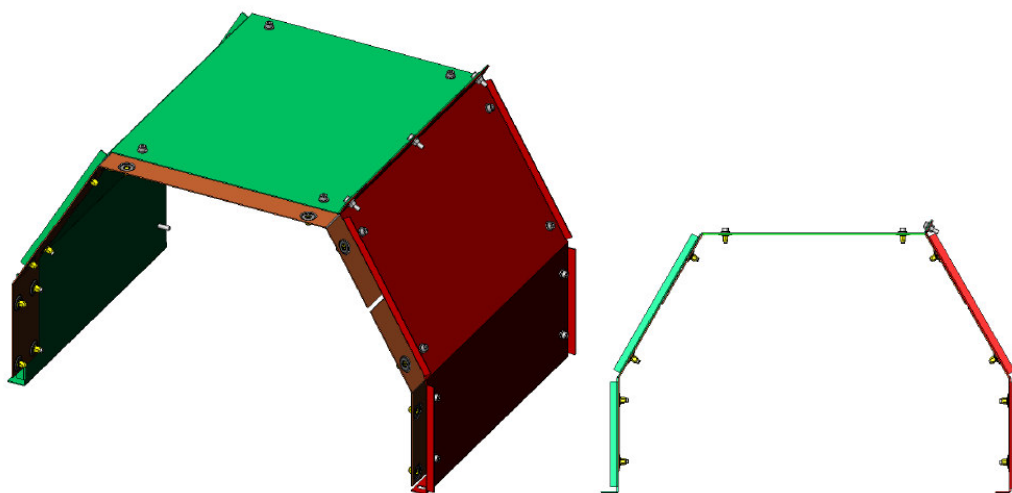


Figura 59 Una soluzione attuale del condotto e vista della sezione frontale

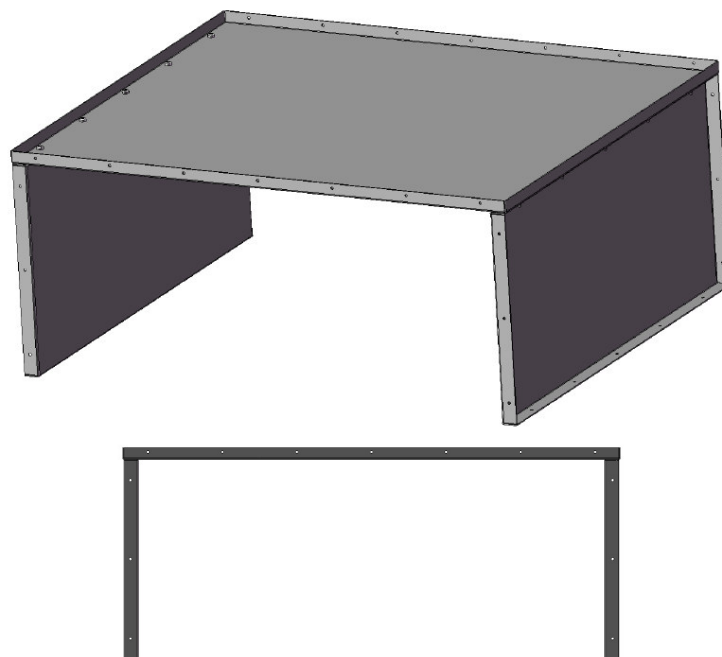


Figura 60 Nuova soluzione per il condotto e vista del profilo frontale

La standardizzazione riguarda anche i flap. I flap hanno la funzione di non permettere l'accessibilità dal tetto a parti in tensione, ma in caso di guasto si devono aprire in modo tale da creare una via preferenziale di sfogo per i gas che si sprigionano a causa dell'arco interno. Nell'attuale gamma ne esistono tre tipi di dimensioni diverse: uno per montaggio sopra la cella interruttore, un altro sopra la cella sbarre e uno sopra lo sfogo gas posteriore. Con la nuova soluzione, è stata standardizzata un'unica dimensione, in modo da renderli intercambiabili tra loro. La zona più ampia da coprire è sopra la cella sbarre, dove è prevista l'installazione di due flap.

Anche la tipologia dei flap è stata ridotta; si parte con delle lamiere chiuse di spessore 0.8mm . Se per problemi di riscaldamento è necessario installare dei flap forati, la soluzione viene realizzata con una rete microstirata che garantisce un grado di protezione IP 4x [4], e che può essere lavorata come un normale foglio di lamiera.

Il montaggio di questo componente al tetto del pannello si realizza su un lato con 5 viti autofilettanti che fissano anche un angolare di rinforzo; sull'altro lato invece vengono praticati due fori adatti al fissaggio tramite rivetti in plastica. Questa particolarità permette, in caso di guasto interno al quadro, di creare una facile via di sfogo per i gas che si sprigionano: infatti la chiusura assicurata dai rivetti cede a causa della pressione, causando la piegatura della lamiera ed aprendo un percorso preferenziale per lo sfogo dei gas.

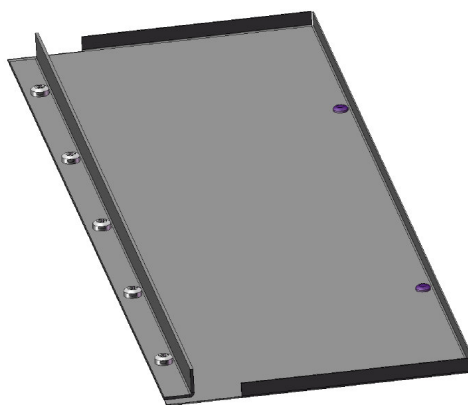


Figura 61 Nuova soluzione standardizzata per i flap

6.4 CELLA DI BASSA TENSIONE

La cella di bassa tensione è la parte del quadro dove vengono installati tutti i componenti di controllo e la logica di funzionamento del quadro. Ogni cella è diversa per personalizzazione dalle altre, essendo il cliente a decidere quali apparecchiature installare in base alle proprie esigenze. Fino ad ora si poteva scegliere tra due tipi di altezze per la cella, 705 e 1100mm; la nuova soluzione è un compromesso e prevede un'unica altezza di 900mm arrivando alla stessa altezza del condotto dello sfogo dei gas. Questa dimensione è in grado di soddisfare le esigenze di tutti i clienti, e permette al quadro l'installazione anche in un container, richiesta in alcune condizioni e che con la versione da 1100mm non poteva essere realizzata.

Sulla base della cella di bassa tensione viene installata l'applicazione che contiene i contatti ausiliari che permettono di rilevare la presenza dell'interruttore nella cella.

Ora con la standardizzazione dei riferimenti dell'interruttore si è riusciti a creare una applicazione unificata.

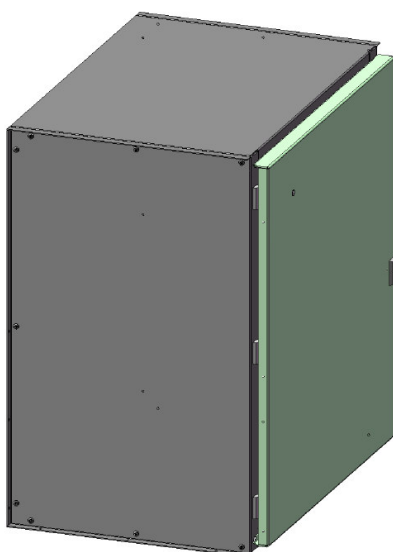


Figura 62 Nuova soluzione unificata per la cella di bassa tensione

6.5 PORTE

Dedichiamo una sezione di approfondimento per questo componente perché ha subito una notevole riduzione di versioni rispetto alle attuali soluzioni, dove rappresentano una delle problematiche di gestione della gamma UniGear.

Innanzitutto vengono analizzate le porte che sono installate nella cella cavi ed interruttore che risultano essere molto simili.

Una delle principali differenze riguarda la conformazione della porta stessa: nell'attuale gamma le porte presentano una vistosa bombatura nella parte centrale, mentre con la nuova soluzione si avrà un profilo piatto che è più semplice da realizzare.

Questa bombatura è stata inserita a causa delle dimensioni di un interruttore che era leggermente più grande rispetto agli altri e l'unico modo, oltre alla riprogettazione del quadro, per poterlo installare è stato quello di modificare tutte le porte per permetterne il suo alloggiamento. Oggi quando un cliente acquista un quadro può decidere come personalizzare le proprie porte decidendo la più adatta tra le molteplici versioni.

La nuova logica di realizzazione di questo componente preferisce creare un elemento standardizzato e già predisposto per l'installazione di tutti gli optional, andando anche a fornire dotazioni che il cliente non richiede. Si evita così la gestione di differenti versioni della stessa parte.



Figura 63 Attuale soluzione per la porta della cella cavi

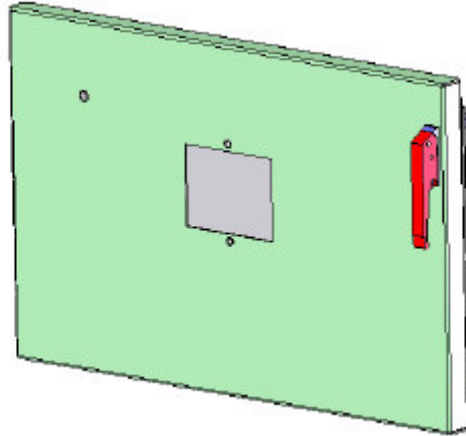


Figura 64 Nuova soluzione per la porta della cella cavi

La nuova generazione è caratterizzata dalle seguenti specifiche. Nelle porte saranno previsti:

- la finestra di ispezione per poter osservare l'interno del quadro;
- il sistema di chiusura unificato;
- la manovra della porta effettuata con una maniglia di cui è possibile il blocco tramite lucchetti;
- dei fori necessari al comando della pulsantiera dell'interruttore (sia per l'apertura che per la chiusura);
- il foro necessario per la movimentazione del carrello interruttore;
- nel caso in cui l'acquirente non utilizza la foratura predisposta si procede con la copertura attraverso opportuni tappi.

Queste caratteristiche permettono di soddisfare tutte le possibili richieste dei clienti.

Questa è la soluzione valida nel caso in cui la corrente ammissibile di breve durata è di 31,5kA; invece nella situazione più gravosa (50KA per 1s) le porte della cella cavi e della cella interruttore verranno rinforzate con appositi kit che introdurranno rinforzi sulla lamiera della porta, guide rinforzate ed anche una chiusura più resistente.

La porta della cella bassa tensione viene invece solitamente personalizzata dal cliente in base alle esigenze dell'impianto.

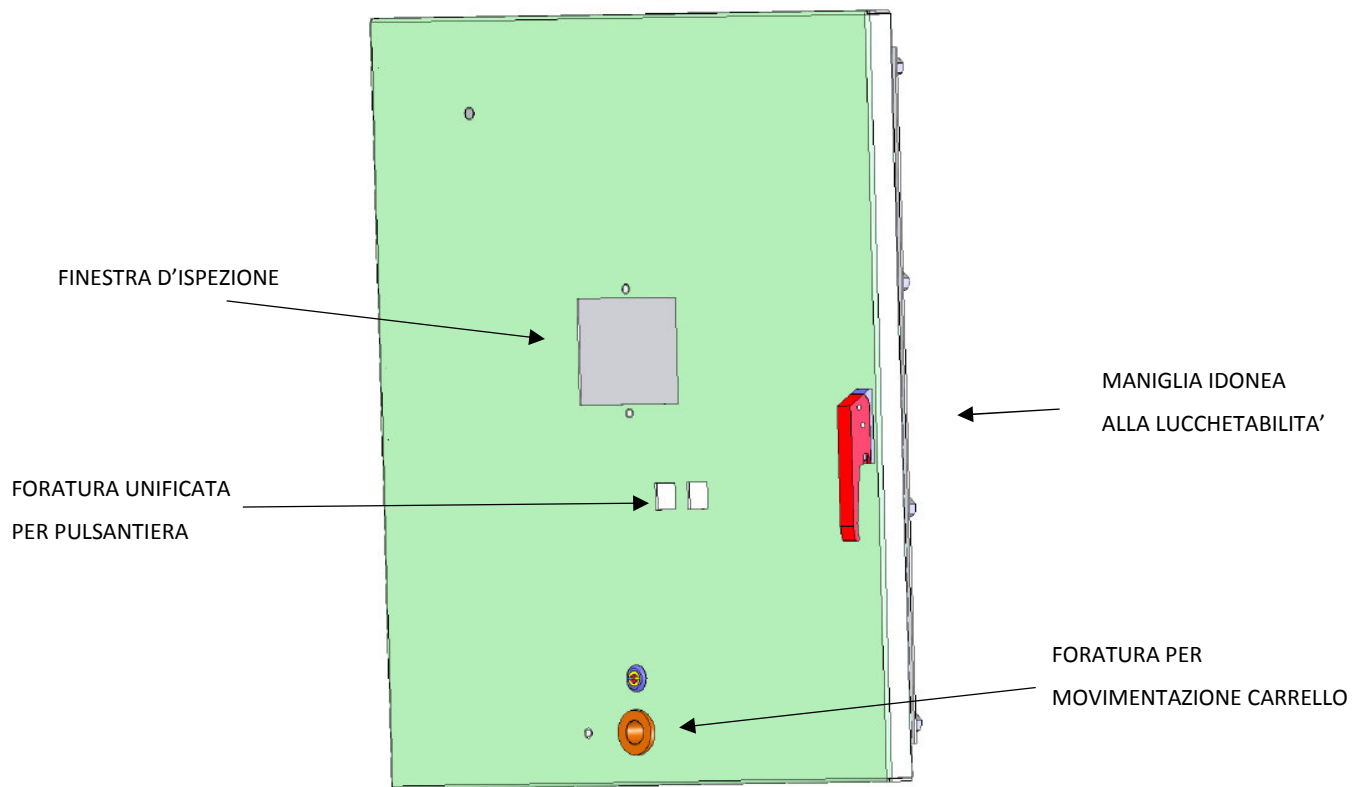


Figura 65 Nuova soluzione per la porta della cella interruttore

7 ASSEMBLAGGIO

In questo capitolo si analizzerà il processo produttivo che porterà alla nascita di una nuova linea di montaggio per assemblare questa tipologia di pannello.

Questo studio è stato condotto in collaborazione con l'ufficio metodi: inizialmente è stata analizzata l'attuale linea di assemblaggio per capire come viene organizzata e gestita; successivamente abbiamo ipotizzato di realizzarne una per questa nuova generazione di quadri elettrici per la distribuzione primaria.

Di seguito si descriverà come dovrebbe essere strutturata la nuova linea di montaggio, analizzando ogni singola postazione e descrivendo le operazioni da effettuare.

Ad ogni singola azione compiuta dall'operatore verrà assegnato un tempo necessario per lo svolgimento; quindi, conoscendo la struttura del pannello che si vuole realizzare, è possibile calcolare il tempo necessario per effettuare l'assemblaggio.

Per determinare i tempi di ogni singola operazione ci siamo basati su filmati realizzati dall'ufficio metodi che riprendono l'attività completa di montaggio di un quadro dell'attuale generazione.

Questi tempi sono poi stati confrontati con quelli richiesti dalle nuove soluzioni: è stato quindi possibile determinare in maniera molto precisa il tempo necessario allo svolgimento delle varie operazioni.

Lo stabilimento di montaggio quadri è costituito da due parti:

- la linea di assemblaggio vera e propria, in cui il quadro viene sottoposto ad una sequenza di operazioni successive, a ciascuna delle quali è dedicata una postazione dedicata;
- le postazioni di preassemblaggio, in cui vengono preparati alcuni sottoassiemi che sarebbe troppo oneroso in termini di tempo montare sulla linea principale.

La suddivisione delle operazioni tra preassemblaggi e assemblaggio è fondamentale nel definire l'organizzazione della produzione.

Analizzeremo dapprima i preassemblaggi e poi l'assemblaggio del quadro sulla linea. Per ciascuna fase si evidenzieranno i tempi necessari.

7.1 PREASSEMBLAGGIO 1: CELLA DI BASSA TENSIONE

La cella di bassa tensione è realizzata in maniera tale da poter essere installata sul pannello nelle ultime fasi dell'assemblaggio della linea. Quando viene installata, la cella di bassa tensione è già cablata con le apparecchiature richieste dal cliente. Questa operazione già oggi viene eseguita

esternamente presso fornitori specializzati nel cablaggio ed assemblaggio delle celle di bassa tensione.

Anche per la nuova generazione abbiamo deciso di mantenere una simile gestione per questo componente. Le celle, pronte per essere installate, verranno quindi ricevute ed immagazzinate in una delle ultime stazioni della linea di assemblaggio; l'operatore dovrà selezionare quella corrispondente al pannello in lavorazione, fissarla sulla struttura e procedere con il collegamento degli spinotti di interfaccia con il quadro.

Il tempo necessario alla messa in opera della cella viene quantificato nella postazione di assemblaggio della linea dove è effettuata questa operazione.

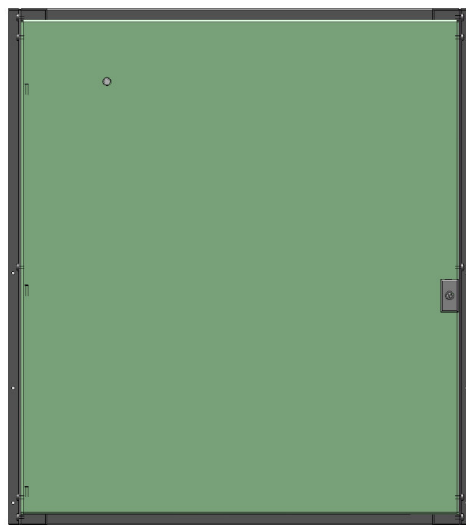


Figura 66 Vista frontale cella di bassa tensione

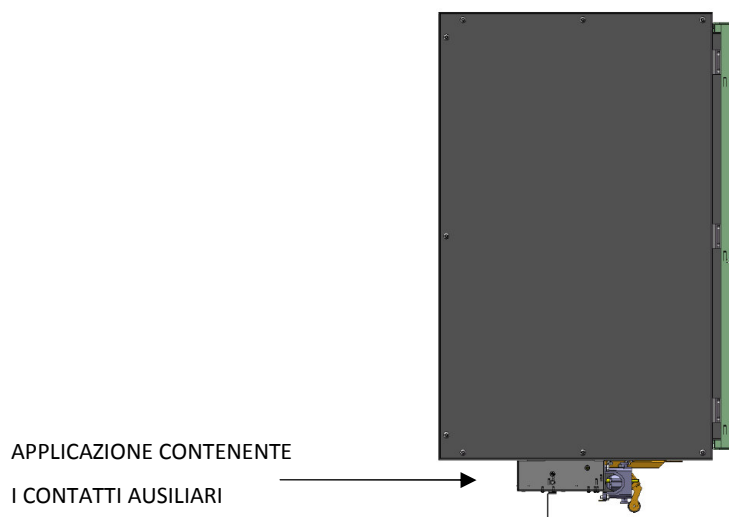


Figura 67 Vista laterale cella di bassa tensione

7.2 PREASSEMBLAGGIO 2: CELLA INTERRUTTORE

Il preassemblaggio della cella interruttore è una novità resa possibile con la nuova struttura qui progettata: nell'attuale generazione infatti non è possibile effettuarlo, perché le fiancate laterali del quadro sono composte da una lamiera unica. Con il nuovo modello, invece, le fiancate della cella interruttore sono indipendenti dal resto della struttura.

Il preassemblaggio della cella interruttore inizia selezionando la piastra necessaria in base ai monoblocchi, a loro volta selezionati in base all'apparecchio. Vengono quindi fissati i monoblocchi. Questi componenti, come descritto nel capitolo precedente, sono realizzati appositamente per velocizzare le fasi del montaggio. Sono infatti provvisti di inserti che vengono integrati nella struttura subito dopo le fasi di stampaggio del pezzo: per il loro fissaggio, una volta inseriti nella sede, basta serrare gli inserti tramite rosette e dadi.

Successivamente si prosegue con il fissaggio delle derivazioni, sempre presenti, sui monoblocchi superiori e del contatto nel caso in cui la configurazione del pannello lo richieda.

Si possono poi fissare le fiancate laterali della cella interruttore con la piastra dei monoblocchi.

Si procede quindi con il montaggio del rinforzo superiore, che ha anche la funzione di guida per la guarnizione che verrà montata sulla porta. Viene fissato anche un altro rinforzo inferiore che ha lo scopo, nel caso la configurazione del quadro sia della famiglia delle IF, di sorreggere l'isolatore che fissa le sbarre di allacciamento dei cavi.

Si prosegue con il fissaggio delle guide interruttore: in questo caso si utilizza una vite con la testa svasata, rosetta e dado. Si utilizza questa tipologia di vite per evitare eventuali interferenze con il movimento del carrello estraibile.

Successivamente si può procedere con l'installazione delle leve di azionamento delle serrande sulle fiancate e si conclude questa operazione con il montaggio delle stesse con i relativi leverismi.

A seguire si fissano i profili laterali sulle fiancate e si posizionano le guarnizioni.

Come ultima operazione si andrà a montare e regolare la porta della cella interruttore nella sua sede.

La tabella seguente mostra i tempi necessari per ciascuna operazione.

PREASSEMBLAGGIO 2 CELLA INTERRUTTORE		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO [min]
1	posizionamento piastra e fissaggio monoblocchi	9
2	fissaggio sbarre superiori ai monoblocchi	5
	fissaggio contatti alle sbarre superiori ed ai monoblocchi	10
3	fissaggio fiancate cella	3
4	fissaggio rinforzo superiore	1
5	fissaggio rinforzo inferiore	1
6	fissaggio guide interruttore	3
7	fissaggio azionamento serrande	1
8	fissaggio serrande e leverismi	3
	fissaggio serranda superiore e leverismo	1,5
9	fissaggio profili cella	2
10	montaggio guarnizione	1
11	montaggio porta cella	10

Tabella 5

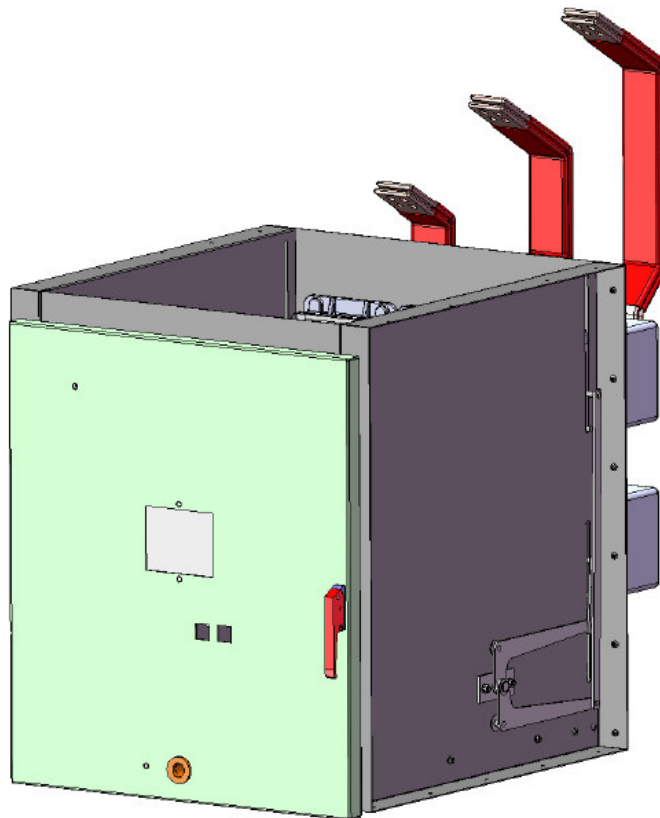


Figura 68 Preassemblaggio cella interruttore

7.3 PREASSEMBLAGGIO 3: SUPPORTO CON TA

La soluzione di preassemblare la piastra di sostegno con i TA non è nuova, cambia però il numero di operazioni che possono essere compiute durante questa fase. Fino ad ora ci si limitava al fissaggio della piastra con i trasformatori, e veniva eseguito anche il cablaggio dei secondari dei TA.

Nella nuova soluzione, invece, in questa postazione saranno effettuate diverse operazioni in più. S'inizia con il selezionare la piastra necessaria al montaggio in funzione della larghezza del pannello. Questa viene posizionata e si inseriscono i nutserts (questo termine indica uno speciale tipo di fissaggio) nei fori necessari al fissaggio dei TA, procedendo poi con il fissaggio di questi ultimi.

Sull'uscita dei TA si possono anche installare le sbarre che serviranno per il collegamento con i monoblocchi inferiori e, nel caso in cui la configurazione lo richieda, nella parte terminale delle sbarre sarà installato il contatto fisso.

Allo stesso modo si procede con il fissaggio delle sbarre in ingresso; nel caso in cui sia prevista, si installa la sbarra di collegamento per il sezionatore di terra ed i relativi contatti.

Sempre partendo dalle sbarre collegate con l'ingresso dei TA, si possono fissare anche i tipi di terminali che devono essere installati in questa unità cioè il congiuntore o l'arrivo adatto per collegare i cavi.

Nel caso in cui la configurazione sia della famiglia delle IF, si provvede all'installazione dell'isolatore e quando la tensione nominale del pannello risulta essere diversa da 12 KV si installano anche delle protezioni isolanti ulteriori sulle sbarre che servono per garantire un adeguato livello di isolamento.

Infine come ultima operazione si procede con il cablaggio dei TA.

Come si può osservare il rame è montato al di fuori del quadro, facilitando e velocizzando le operazioni degli addetti.

Nell'attuale generazione il circuito di rame viene montato all'interno del quadro, costringendo gli addetti ad effettuare queste operazioni in situazioni non agevoli. Bisogna ricordare che tutte le fasi di serraggio delle parti in rame devono essere effettuate con una coppia prestabilita attraverso l'utilizzo di una chiave dinamometrica che richiede particolari accortezze per l'utilizzo.

PREASSEMBLAGGIO 3 TA		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO[min]
1	posizionamento piastra e nutsert	1,5
2	fissaggio TA	4,5
3	fissaggio sbarre uscita TA	6
	fissaggio sbarre uscita TA e montaggio contatti	7,5
4	fissaggio sbarre ingresso TA	6
	fissaggio sbarre ingresso TA, sbarra sezionatore e contatti sezionatore	7,5
5	montaggio collegamento per cavi / congiuntore	9
	montaggio collegamento per cavi con kit isolamento	15
6	cablaggio TA	15

Tabella 6

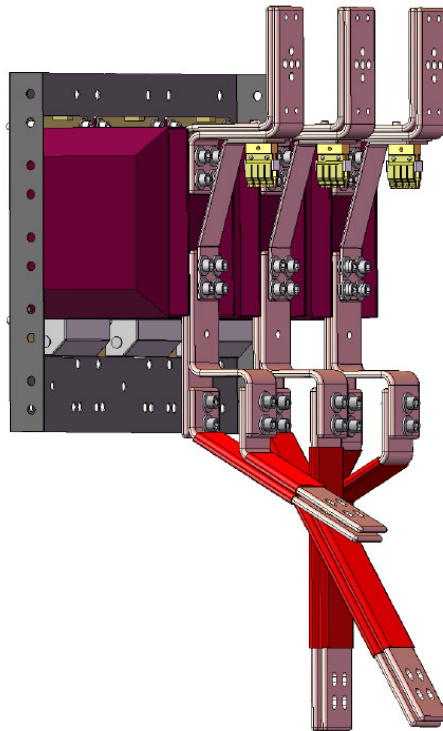


Figura 69 Preassemblaggio TA con congiuntore e collegamento per il sezionatore di terra

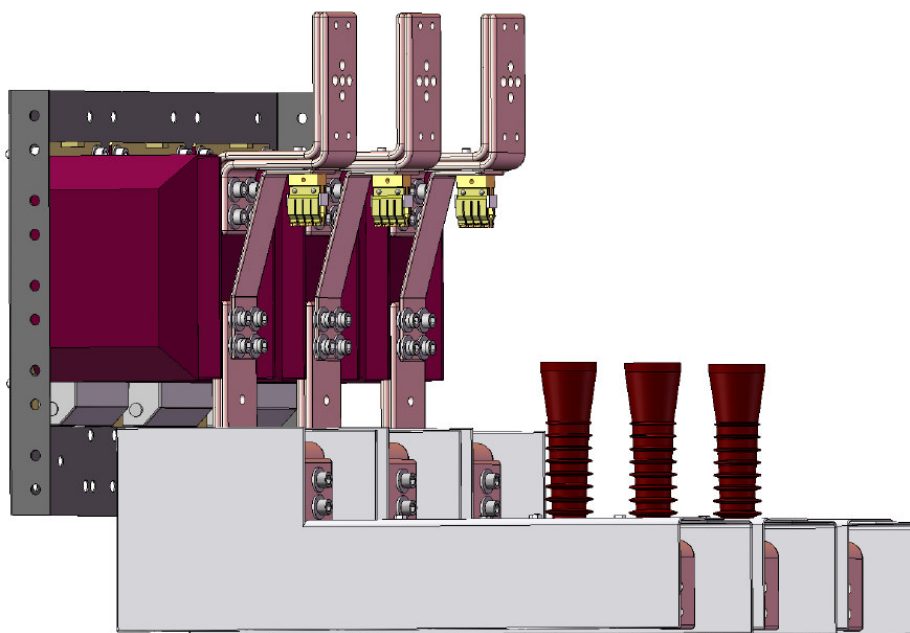


Figura 70 Preassemblaggio TA per unità della famiglia delle IF con tensione maggiore di 12 KV e collegamento del sezionatore di terra

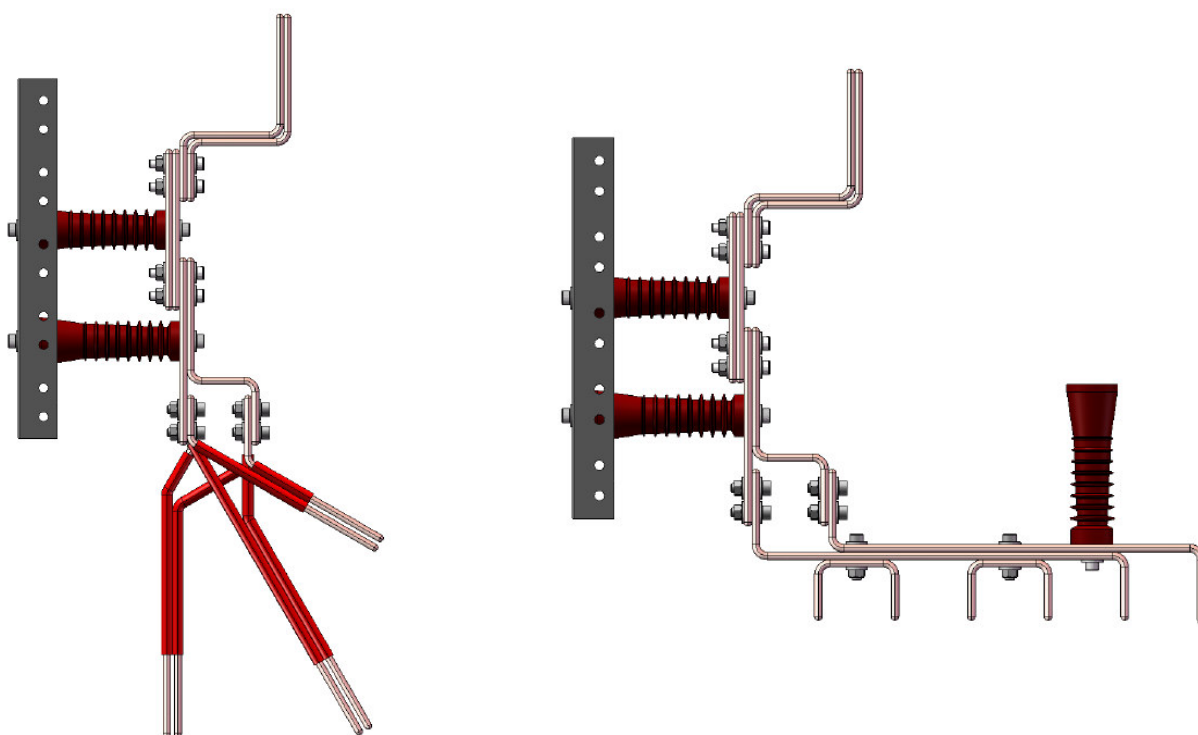


Figura 71 Confronto tra due preassemblaggi quello a sinistra provvisto di congiuntore e quello a destra equipaggiato con le sbarre per allacciare i cavi

7.4 PREASSEMBLAGGIO 4:SUPPORTO CON TV

Questa postazione risulta essere uguale all'attuale, infatti le operazioni da compiere sono rimaste invariate.

Si parte con il selezionare la piastra idonea al tipo di pannello che viene posizionata e su di essa si inseriscono i nutserts. Si procede poi con l'installazione e il fissaggio dei TV.

PREASSEMBLAGGIO 4 TV		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO[min]
1	posizionamento piastra e nutsert	1,5
2	fissaggio TV	4,5

Tabella 7

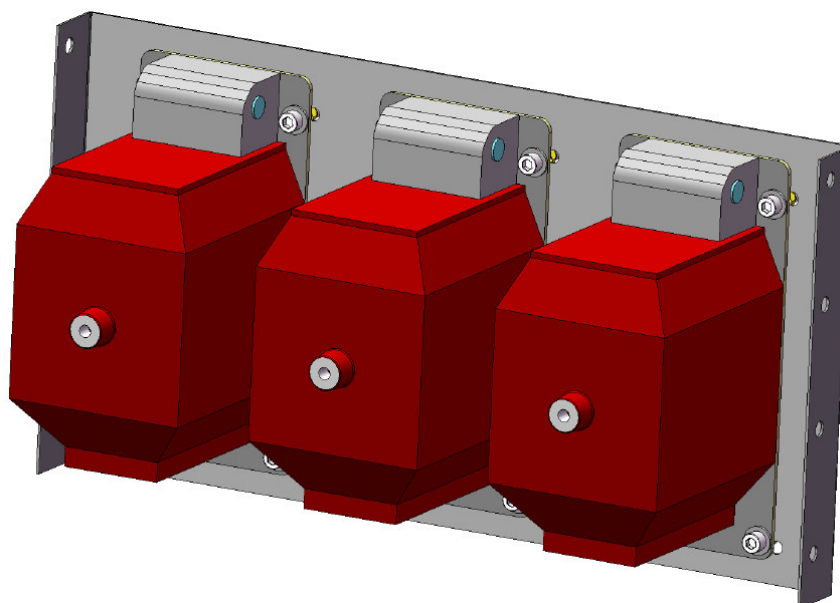


Figura 72 Preassemblaggio TV da 12 KV

7.5 PREASSEMBLAGGIO 5: CASSETTO ESTRAIBILE

In questa postazione avviene il montaggio del cassetto estraibile anteriore, che serve per effettuare la partizione tra la cella cavi e quella interruttore.

Le operazioni da svolgere sono semplici: si seleziona la lamiera che funge da fondo del cassetto in base alla larghezza del pannello e successivamente si sceglie la parte frontale di chiusura del cassetto; questa lamiera può essere di due tipi, forata o chiusa. Si fissa la parte frontale con il fondo mediante apposite squadrette.

Nel caso in cui sia richiesto il ventilatore, esso viene installato nella apposita posizione. E' prevista anche l'installazione di una lamiera di protezione per questo elemento.

La soluzione attuale prevede che il cassetto estraibile venga tutto realizzato da fornitori esterni. Con la nuova soluzione si è ipotizzato che queste operazioni siano eseguite internamente allo stabilimento.

PREASSEMBLAGGIO 5 CASSETTO ESTRAIBILE		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO[<i>min</i>]
1	posizionamento base e fissaggio piastra frontale	3
2	fissaggio ventilatore e copertura	12

Tabella 8

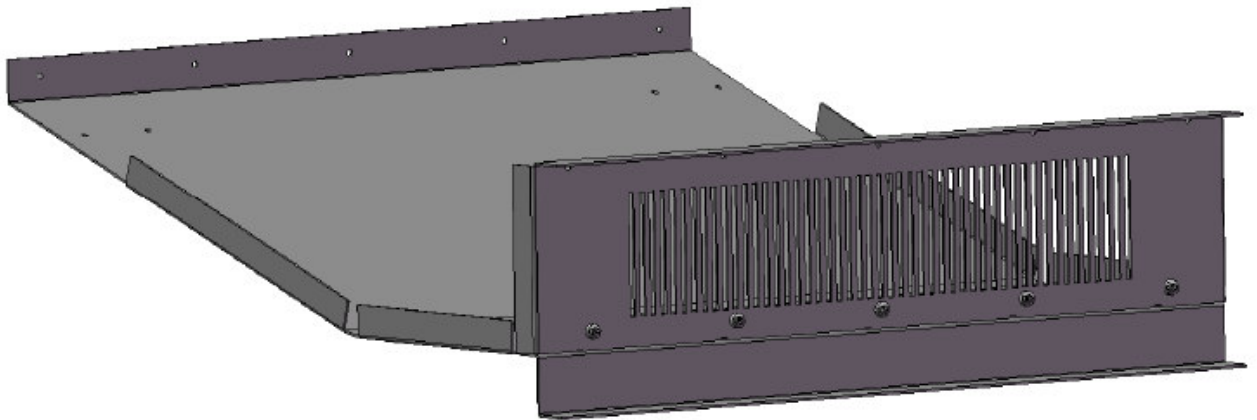


Figura 73 Preassemblaggio cassetto estraibile

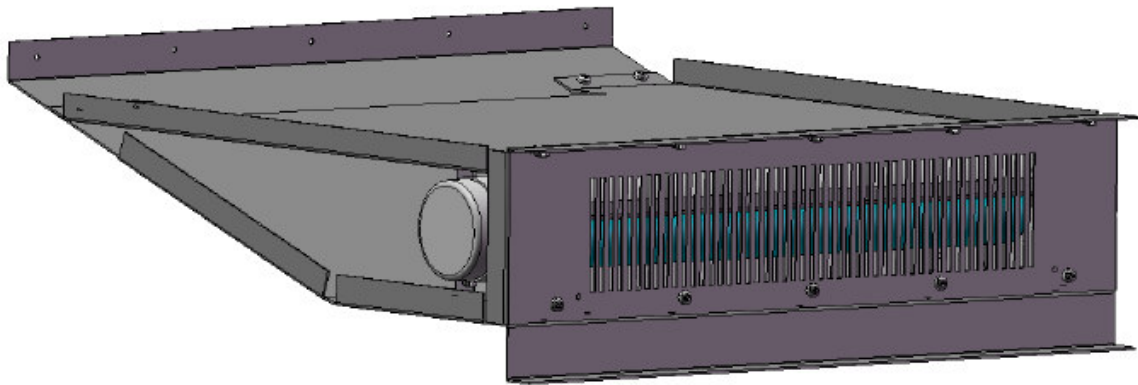


Figura 74 Preassemblaggio cassetto estraibile con ventilatore

7.6 PREASSEMBLAGGIO 6: TETTO

Nell'attuale generazione, l'operazione di montaggio dei flap sul tetto del pannello viene effettuata nella linea principale in una apposita postazione dove il pannello viene movimentato in modo tale che non sia necessario l'utilizzo di scale.

Con la nuova generazione si è deciso di effettuare il preassemblaggio del tetto con i relativi flap, in una postazione a parte. Questo consente di risparmiare tempo e di effettuare queste operazioni in modo più semplice ed agevole.

PREASSEMBLAGGIO 6 TETTO		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO[min]
1	fissaggio tetto, angolare e flap	4

Tabella 9

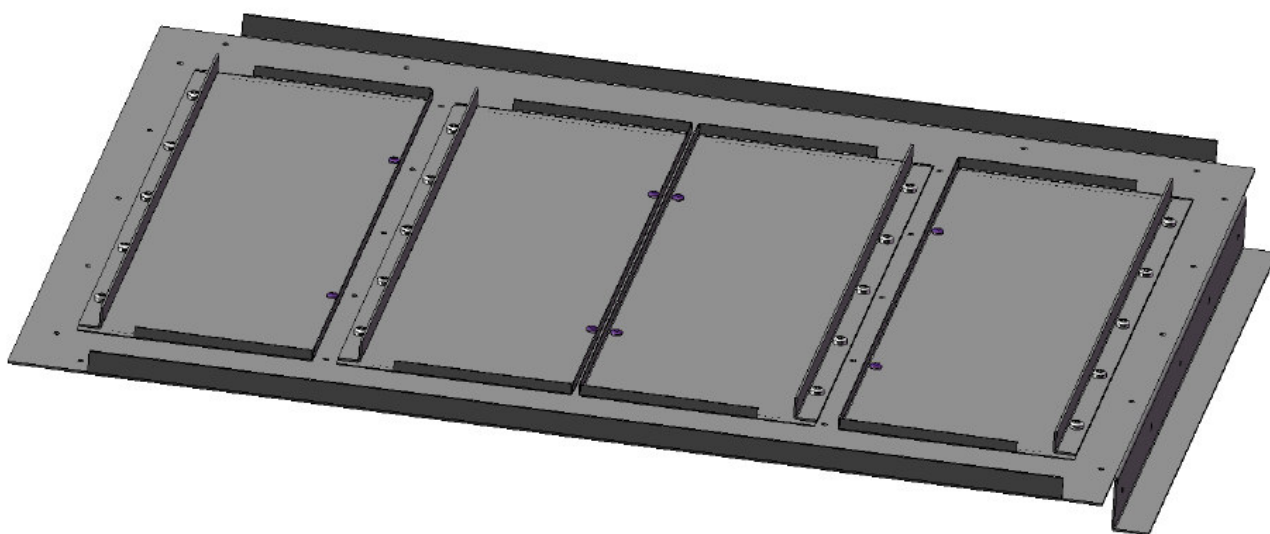


Figura 75 Preassemblaggio del tetto

7.7 LINEA DI ASSEMBLAGGIO

La linea di assemblaggio prevede una serie di zone (postazioni) equidistanti. Per la movimentazione dell'unità tra una zona e la successiva ci si affida a nastri trasportatori che effettuano l'operazione in modo automatico. Il tempo necessario per ogni passaggio tra una postazione e l'altra è di due minuti.

7.7.1 Postazione 1

Come accade anche per l'attuale linea di montaggio, la prima operazione da svolgere è la scelta del basamento adeguato al tipo di pannello che si vuole realizzare. Per far ciò, è sufficiente conoscere la larghezza del quadro: grazie alla normalizzazione delle dimensioni, per ogni larghezza esiste solo una tipologia di basamento.

La base viene posizionata nella postazione d'assemblaggio. Viene quindi eseguito il fissaggio, su entrambi i lati della base, delle fiancate inferiori sia anteriori che posteriori.

Si procede quindi con l'installazione degli angolari che servono per montare la chiusura sul fondo del pannello; il fissaggio di questi componenti è realizzato con la soluzione classica cioè con vite rosetta e dado.

L'attività successiva prevede il montaggio della copertura del vano cavi, realizzata attraverso appositi coperchi, disposti uno accanto all'altro serrati mediante la soluzione classica.

Infine, prima di passare alla postazione successiva, vengono montate sulle fiancate anteriori delle guide che servono per far scorrere il cassetto estraibile anteriore.

POSTAZIONE 1		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO[min]
1	posizionamento basamento e fissaggio fianco anteriore e posteriore	6
2	fissaggio angolare cavi	4
3	fissaggio coperchi	5
4	fissaggio guide cassetto estraibile	2

Tabella 10

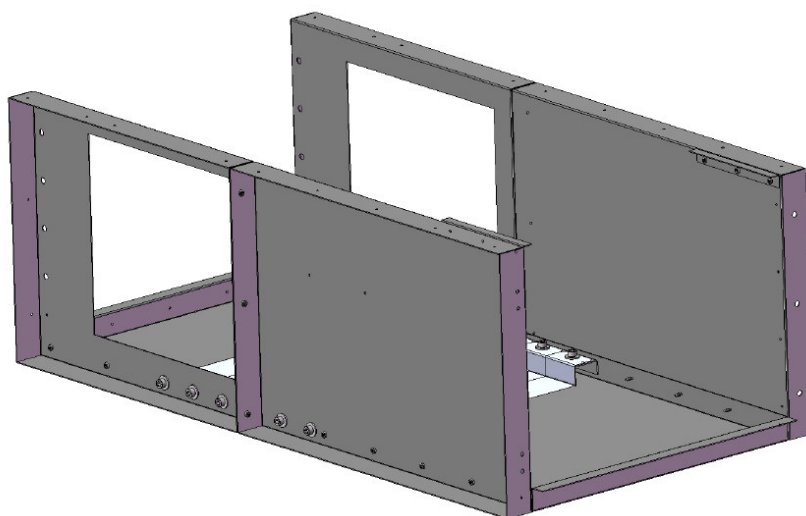


Figura 76 Postazione 1

7.7.2 Postazione 2

Una volta che l'unità ha raggiunto questa postazione, si montano i fianchetti anteriori.

Terminata questa operazione si passa alla zona posteriore del quadro dove si provvede ad installare il preasseblaggio dei TV nel caso in cui siano previsti, o all'installazione della sola piastra TV quando i trasformatori non sono richiesti dalla configurazione. Come si può notare, il sostegno dei trasformatori è indipendente rispetto ai trasformatori stessi; infatti, oltre a fungere da supporto, ha anche una funzione portante e di irrigidimento per la struttura. Questa logica è

utilizzata anche per la piastra dei TA. Il fissaggio del sostegno viene effettuato con la soluzione classica.

Sempre in questa zona vengono installati i fianchetti che coprono il sezionatore e successivamente anche i fianchi posteriori che arrivano fino al tetto del pannello.

Come ultima operazione viene selezionata la cella interruttore dedicata a questa configurazione di quadro. Si procede poi con il suo posizionamento e fissaggio all'interno dell'unità.

POSTAZIONE 2		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO[min]
5	fissaggio fianchetti anteriori	3
6	fissaggio preassemblaggio TV	4
7	fissaggio fianco sezionatore	2
8	fissaggio fianco sfogo posteriore	4
9	fissaggio preassemblaggio cella interruttore	6

Tabella 11

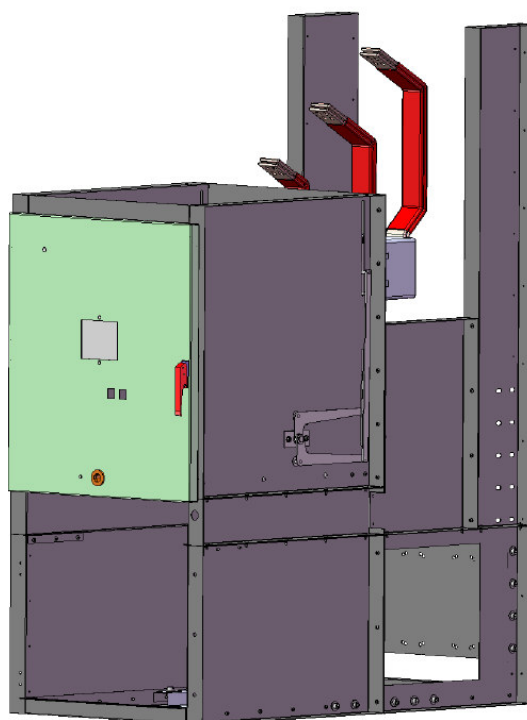


Figura 77 Postazione 2

7.7.3 Postazione 3

In questa stazione viene montato il circuito delle sbarre di rame del quadro.

La prima operazione prevede, se la configurazione lo richiede, l'installazione del sezionatore di terra, che viene posizionato nella parte posteriore della cella interruttore attraverso vite, rosetta e dado.

Se è previsto il sezionatore, si procede con l'installazione del relativo comando sulla fiancata destra del pannello. Questa operazione comporta la collocazione del comando, il suo fissaggio con la soluzione classica ed infine la sua regolazione per garantirne il corretto funzionamento.

Si procede poi con la selezione del preassemblaggio dei TA ed il successivo posizionamento e fissaggio all'interno dell'unità. Il serraggio sulle fiancate risulta essere identico a quello utilizzato con la piastra TV. Una volta serrata la piastra si procede con il fissaggio delle sbarre in uscita dai TA ai monoblocchi inferiori, e nel caso in cui si abbia una configurazione che fa parte della famiglia delle IF bisognerà anche serrare l'isolatore posto sull'estremità anteriore delle sbarre con il relativo sostegno posizionato nella zona inferiore della cella interruttore.

Si possono infine collegare i TV, se presenti, al sistema sbarre del pannello, attraverso un apposito cavo schermato.

POSTAZIONE 3		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO[min]
10	fissaggio sezionatore	3
11	fissaggio manovra sezionatore	5
12	fissaggio preassemblaggio TA	5
13	fissaggio sbarre uscita TA con monoblocchi	6
	fissaggio sbarre uscita TA con monoblocchi e isolatore con rinforzo	12
14	fissaggio cavo schermato TV	3

Tabella 12

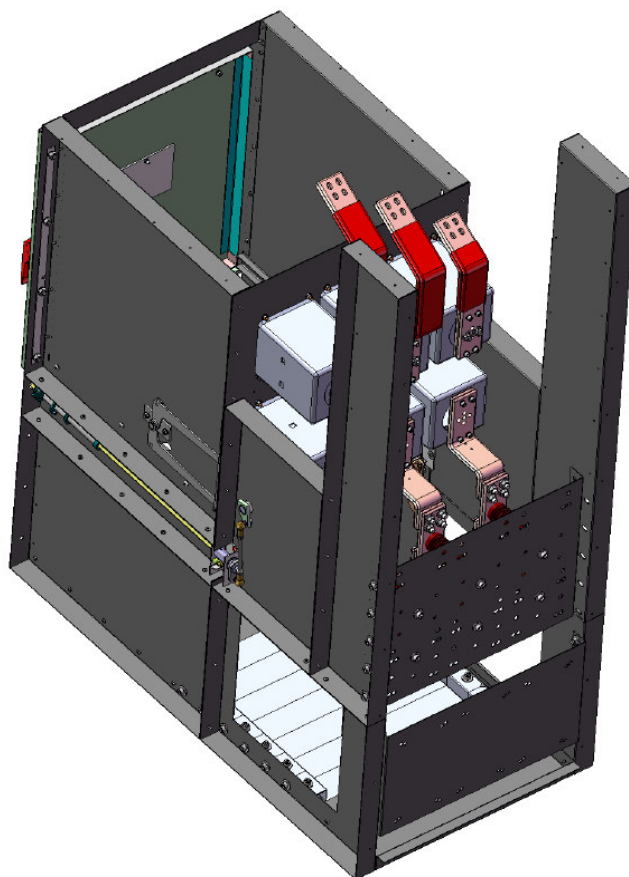


Figura 78 Postazione 3

7.7.4 Postazione 4

Si inizia col fissaggio dei fianchetti disposti sopra la cella interruttore che arrivano fino al tetto. Poi può essere installata la lamiera di chiusura che copre la zona frontale che va dalla fine della piastra dei monoblocchi sino al tetto. La funzione di questa lamiera di chiusura è molto importante: infatti durante la messa in servizio del quadro presso il cliente, le diverse unità dovranno essere collegate fra loro. A tale scopo provvederanno delle sbarre apposite, che per poter essere installate e serrate hanno bisogno di alcuni passaggi dove sia possibile accedere con semplicità. Questa lamiera risulta asportabile facilmente, una volta che è stata liberata la cella interruttore, dalla zona frontale del pannello, fornendo quindi l'accessibilità necessaria per effettuare i collegamenti.

Terminata questa operazione, la successiva prevede il fissaggio della lamiera posteriore alle derivazioni superiori che permette la chiusura del canale di sfogo gas posteriore.

Come ultima operazione viene installata la separazione che segrega i monoblocchi superiori ed inferiori, se la configurazione la richiede.

POSTAZIONE 4		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO[min]
15	fissaggio fianchetti anteriori cella interruttore	4
16	fissaggio piastra superiore monoblocchi	2
17	fissaggio parete posteriore sbarre	3
18	fissaggio segregazione monoblocchi	2

Tabella 13

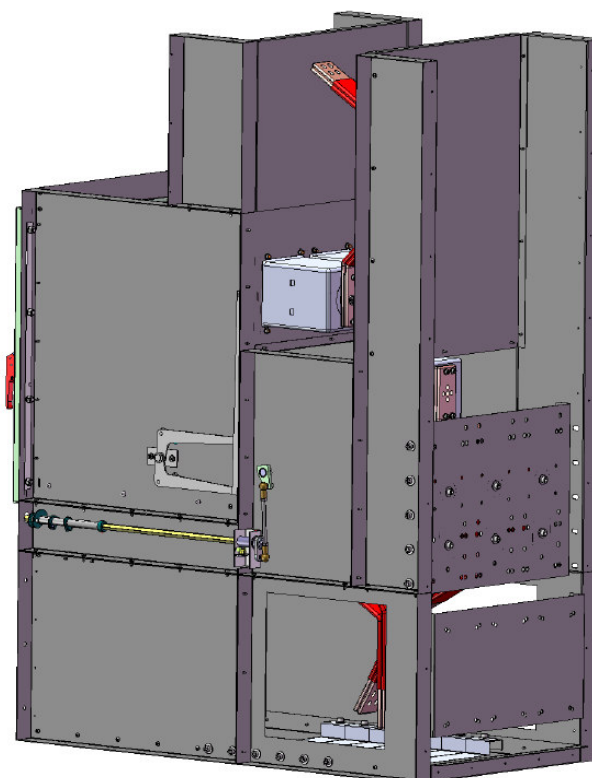


Figura 79 Postazione 4

7.7.5 Postazione 5

La prima operazione è il fissaggio del preassemblaggio del tetto per fornire una chiusura superiore al pannello. Segue la selezione della cella di bassa tensione che è stata realizzata appositamente per questa unità; essa viene posizionata sul pannello e bloccata in posizione.

POSTAZIONE 5		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO[min]
19	fissaggio preassemblaggio tetto	4
20	fissaggio preassemblaggio cella bassa tensione	10

Tabella 14

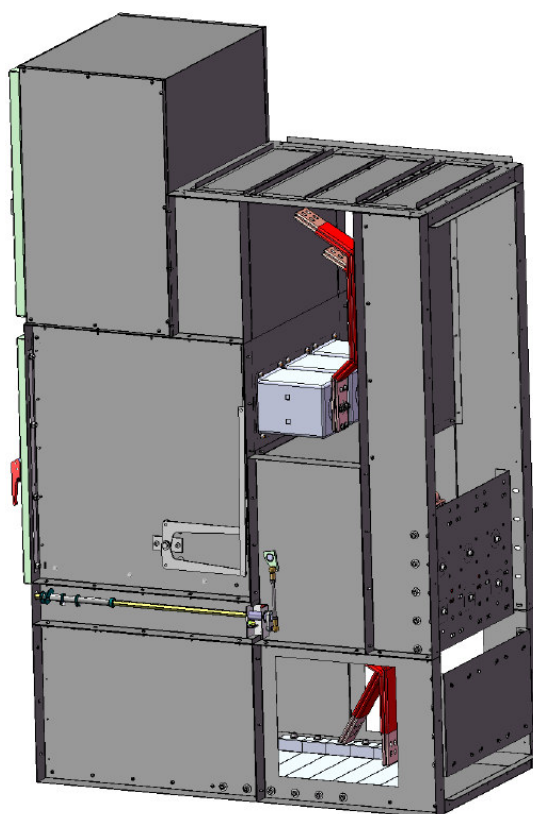


Figura 80 Postazione 5

7.7.6 Postazione 6

E' l'ultima stazione prevista per la linea di assemblaggio.

Si inizia con l'installazione del cassetto anteriore. Il suo fissaggio è molto semplice: viene fatto scorrere sulle sue guide e quando arriva a fine corsa viene fissato al rinforzo presente nella zona inferiore della cella interruttore.

Si procede poi con l'installazione dei profili anteriori nella cella cavi e posteriori che servono da guida per la guarnizione; infine si montano le guarnizioni.

Possano quindi essere installate le protezioni isolanti sui monoblocchi, se previste. Può poi essere montata la parete di chiusura posteriore del pannello.

Si concludono le operazioni con il montaggio e regolazione della porta della cella cavi.

Terminata questa operazione il quadro è pronto per il collaudo ed il successivo imballaggio per la spedizione.

POSTAZIONE 5		
OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO[min]
21	fissaggio preassemblaggio cassetto estraibile	2
22	fissaggio profili chiusura anteriori della cella cavi	2
23	fissaggio profili chiusura posteriori	3
24	montaggio guarnizione anteriore e posteriore	3
25	montaggio protezioni sui monoblocchi	2
26	fissaggio parete posteriore	7
27	montaggio porta cavi	10
28	cablaggio quadro	25

Tabella 15

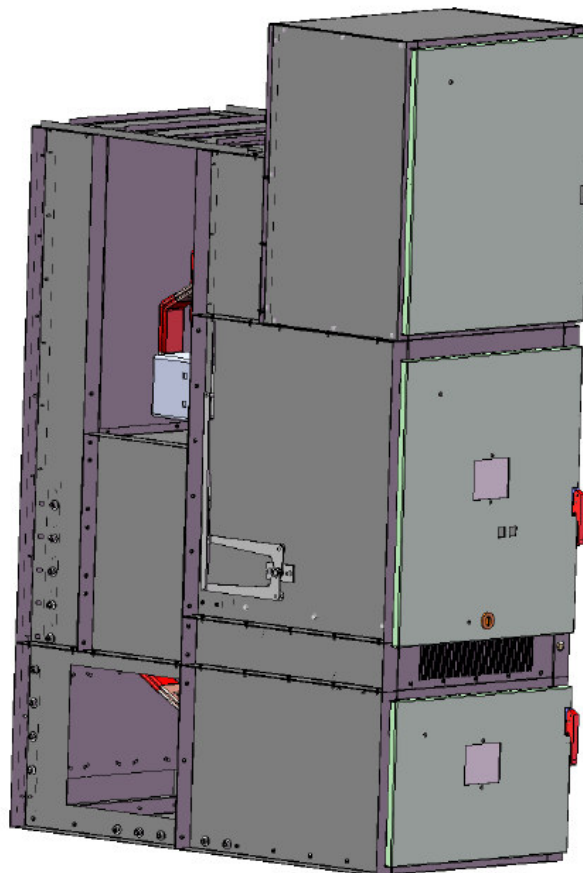


Figura 81 Postazione 6

Per effettuare una valutazione corretta dei tempi di assemblaggio complessivi, bisogna tener conto del tempo necessario per la movimentazione dell'unità all'interno della linea, che risulta essere costante per tutte le tipologie disponibili. Sono previste 6 postazioni, quindi questo tempo risulta pari a 12 minuti per ogni pannello.

L'attuale linea di assemblaggio prevede 7 postazioni: con il nuovo pannello si è riusciti a ad eliminare una postazione.

Nelle tabelle seguenti vengono confrontati i tempi di assemblaggio tra la famiglia di prodotto attuale e la nuova per le diverse tipologie di pannello:

IF	TENSIONE NOMINALE	CORRENTE NOMINALE	CORRENTE AMMISSIBILE DI BREVE DURATA	LARGHEZZA UNITA'	TEMPO ASSEMBLAGGIO UNITA'	
					UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
					min	min
	KV	A	KA	mm	min	min
	12	630	31,5	650	278,5	234
	12	1000	31,5	650	278,5	234
	12	1250	31,5	650	281,5	234
	12	1250	50	800	268,5	234
	12	2000	50	800	286,5	234
	12	2500	50	1000	301	234
	17,5	630	31,5	650	296,5	240
	17,5	1000	31,5	650	296,5	240
	17,5	1250	31,5	650	296,5	240
	17,5	1250	50	800	283,5	240
	17,5	2000	50	800	290,5	240
	17,5	2500	50	1000	319	240
	17,5	3150	50	1000	342,5	240
	17,5	3600	50	1000	372,5	252
	17,5	4000	50	1000	395,5	252
	24	1000	31,5	800	278,5	240
	24	1250	31,5	800	286,5	240
	24	2000	31,5	1000	275,5	240
	24	2300	31,5	1000	278,5	240
	24	2500	31,5	1000	278,5	252

Tabella 16

IFD					
TENSIONE NOMINALE	CORRENTE NOMINALE	CORRENTE AMMISSIBILE DI BREVE DURATA	LARGHEZZA UNITA'	TEMPO ASSEMBLAGGIO UNITA'	
				UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
KV	A	KA	mm	min	min
12	1250	31,5	650	232	217
12	1250	50	800	236	217
12	2500	50	800	262	217
17,5	1250	31,5	650	248	223
17,5	1250	50	800	236	223
17,5	2500	50	800	262	223
24	1250	31,5	800	192,5	215,5
24	2500	31,5	800	214,5	215,5

Tabella 17

IFDM					
TENSIONE NOMINALE	CORRENTE NOMINALE	CORRENTE AMMISSIBILE DI BREVE DURATA	LARGHEZZA UNITA'	TEMPO ASSEMBLAGGIO UNITA'	
				UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
KV	A	KA	mm	min	min
12	1250	31,5	650	244	227,5
12	1250	50	800	250,5	227,5
12	2500	50	800	258,5	227,5
17,5	1250	31,5	650	260,5	233,5
17,5	1250	50	800	227,5	233,5
17,5	2500	50	800	258,5	233,5
24	1250	31,5	800	291	226,5
24	2500	31,5	800	236	226,5

Tabella 18

R					
TENSIONE NOMINALE	CORRENTE NOMINALE	CORRENTE AMMISSIBILE DI BREVE DURATA	LARGHEZZA UNITA'	TEMPO ASSEMBLAGGIO UNITA'	
				UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
KV	A	KA	mm	min	min
12	1250	31,5	650	148,5	186,5
12	1250	50	800	177	186,5
12	2000	50	800	182	186,5
12	2500	50	800	183	186,5
17,5	1250	50	800	167	186,5
17,5	2000	50	800	187	186,5
17,5	2500	50	800	183	186,5
17,5	3150	50	800	193	186,5
17,5	4000	50	800	195	186,5
24	1250	31,5	800	156,5	186,5
24	2500	31,5	800	167,5	186,5

Tabella 19

RM					
TENSIONE NOMINALE	CORRENTE NOMINALE	CORRENTE AMMISSIBILE DI BREVE DURATA	LARGHEZZA UNITA'	TEMPO ASSEMBLAGGIO UNITA'	
				UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
KV	A	KA	mm	min	min
12	1250	31,5	650	215,5	197
12	1250	50	800	202,5	197
12	2500	50	800	222,5	197
17,5	1250	50	800	202,5	197
17,5	2500	50	800	222,5	197
17,5	4000	50	800	214,5	197
24	1250	31,5	800	195,5	197
24	2500	31,5	800	205,5	197

Tabella 20

BT					
TENSIONE NOMINALE	CORRENTE NOMINALE	CORRENTE AMMISSIBILE DI BREVE DURATA	LARGHEZZA UNITA'	TEMPO ASSEMBLAGGIO UNITA'	
				UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
KV	A	KA	mm	min	min
12	1250	31,5	650	240,5	234
12	1250	50	800	245,5	234
12	2000	50	800	255,5	234
12	2500	50	1000	272,5	234
17,5	1250	31,5	650	251,5	234
17,5	1250	50	800	266,5	234
17,5	2000	50	800	258,5	234
17,5	2500	50	1000	277,5	234
17,5	3150	50	1000	314,5	246
17,5	4000	50	1000	327,5	246
24	1250	31,5	800	239	234
24	2000	31,5	1000	203,5	234
24	2500	31,5	1000	227	246

Tabella 21

M					
TENSIONE NOMINALE	CORRENTE NOMINALE	CORRENTE AMMISSIBILE DI BREVE DURATA	LARGHEZZA UNITA'	TEMPO ASSEMBLAGGIO UNITA'	
				UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
KV	A	KA	mm	min	min
12	/	31,5	650	157	166,5
17,5	/	31,5	650	157	166,5
24	/	31,5	800	154	166,5

Tabella 22

Nella maggior parte delle unità analizzate, la nuova soluzione si rivela vantaggiosa.

La riduzione principale del tempo di assemblaggio è dovuta all'incremento delle operazioni effettuate nei preassemblaggi, che vengono svolte in situazioni agevolate rispetto al montaggio in linea dei componenti. Un contributo a questo risultato è dato anche dalla nuova tipologia di fissaggio, la vite autofilettante, introdotta per assemblare la carpenteria. Questo cambiamento velocizza notevolmente le operazioni di fissaggio.

Altri benefici, che però non vengono valutati nella presente trattazione, si otterranno a causa della semplificazione delle operazioni di assemblaggio: infatti sono state minimizzate le differenze tra le diverse configurazioni, quindi si può prevedere un aumento di efficienza e una diminuzione degli errori.

8 VALUTAZIONE COSTO DEI COMPONENTI

In questo capitolo vengono valutate le differenze di costo per i componenti previsti nella nuova soluzione di quadro. I dati necessari per effettuare tale stima sono gestiti da due diverse funzioni aziendali: l'ufficio metodi, nel caso in cui il componente sia realizzato internamente; il supply management (gestione acquisti) qualora invece il componente sia realizzato da una ditta esterna. Ho collaborato con queste due realtà per ottenere una costificazione attendibile.

I componenti realizzati internamente sono le sbarre di rame e la carpenteria che compone la struttura del pannello, esclusi alcuni elementi (es. le serrande e le loro leve di azionamento). La rimanente parte dei componenti è realizzata da aziende esterne.

8.1 COSTI CARPENTERIA

Questa valutazione si basa sulle caratteristiche della pannellatrice automatica presente in officina. Questo macchinario è in grado di gestire il processo dal magazzino alla costruzione del pezzo finito, passando per le operazioni di punzonatura, taglio e piegatura del componente.

Ogni operazione è caratterizzata da alcuni vincoli da rispettare per poter essere effettuata.

Descriviamo come avvengono le operazioni di creazione di un nuovo componente in lamiera.

Si parte dal magazzino automatico dove sono stivati i fogli di lamiera (della dimensione di 1250mm x 2500mm e 2mm di spessore). Qui s'incontra il primo limite, dovuto alle dimensioni: se una parte ha una grandezza maggiore non può essere gestita dal magazzino ed è quindi realizzata esternamente.

Una volta selezionato, il foglio viene sollevato tramite ventose, e posizionato su un carrello mobile che lo trasporta sino al centro di lavoro. In questa zona la lamiera viene punzonata e poi tagliata da una macchina a controllo numerico.

Di regola un foglio di lamiera non viene utilizzato per ricavare un solo componente, a meno che le dimensioni della parte da realizzare occupino quasi tutta la superficie a disposizione.

Per ridurre i costi, si posizionano le parti in modo da ottenere il maggior numero di componenti da un foglio minimizzando gli scarti.

Questa lavorazione è effettuata da una torretta automatizzata attrezzata con 20 tipologie di inserti differenti in grado di effettuare tutte le operazioni richieste.

Terminata la fase di punzonatura si procede con il taglio del foglio di lamiera nelle parti che lo compongono. Questa lavorazione prevede il taglio di ogni parte, rispettando una sequenza predefinita.

Una volta tagliato, il pezzo scorre su un'apposita rulliera e, nel caso in cui le dimensioni siano adeguate alle ventose del braccio automatico, giunge fino all'ingresso della postazione della piegatrice automatica. Se invece le dimensioni non consentono la movimentazione in automatico, la parte viene indirizzata in appositi contenitori.

Nel caso in cui è richiesta la piegatura di parti che non possono essere movimentate dal braccio automatizzato, questa operazione deve essere effettuata successivamente attraverso l'utilizzo della piegatrice manuale. Il limite introdotto dalle ventose per la movimentazione in automatico è di avere almeno una superficie quadrata di lato 200mm per poter effettuare la presa del pezzo in sicurezza.

Se il pezzo non richiede lavorazioni di piegatura si procede in entrambe le situazioni con lo stoccaggio nell'area prevista.

Nel caso in cui si effettua la piegatura in automatico bisogna rispettare delle restrizioni dovute alle caratteristiche del macchinario; la più stringente riguarda la realizzazione delle pieghe negative su un componente.

Con questa attrezzatura è possibile realizzare al massimo una piega negativa per pezzo e la sua altezza deve essere inferiore ai 200mm.

Esempio 1:

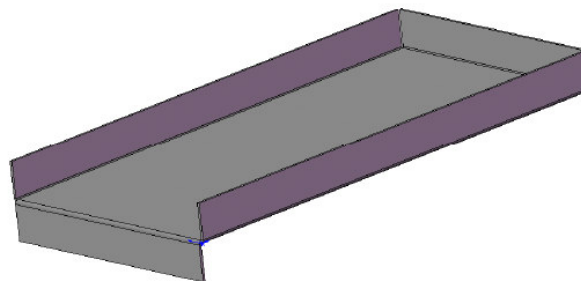


Figura 82 Vista del componente



Figura 83 Vista laterale del componente

In questo esempio per costruire questa parte si devono effettuare 3 pieghe positive ed una negativa; non si incontra nessun limite se le pieghe non superano l'altezza massima realizzabile; è possibile costruirlo attraverso il processo automatizzato.

Esempio 2:

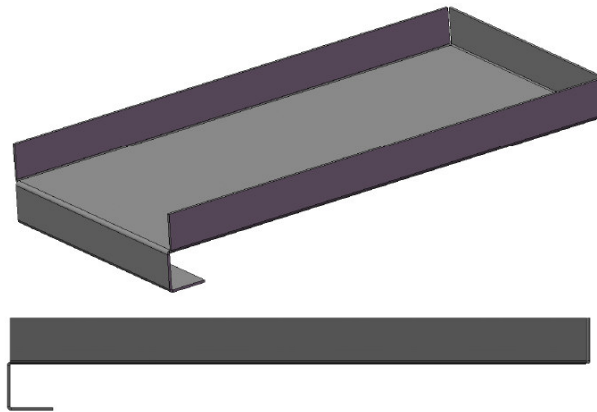


Figura 84 Vista del componente e profilo laterale dello stesso

In questa situazione si devono eseguire 3 pieghe positive e 2 negative; la prima piega negativa si può realizzare con il processo automatizzato, invece per la seconda bisogna ricorrere all'utilizzo della piegatrice manuale.

Terminata la piegatura automatica, se sul componente non sono previste ulteriori pieghe, si può procedere allo stoccaggio; se invece per completare il pezzo sono necessarie ulteriori pieghe che non possono essere realizzate in automatico, si prosegue con la ripresa del pezzo attraverso la piegatrice manuale.

In base alla descrizione del processo di costruzione di un nuovo componente illustrato, è possibile effettuare la valutazione sul costo di ogni parte.

Per far ciò, la prima operazione consiste nella definizione delle dimensioni necessarie per la realizzazione del componente, più precisamente dell'area del foglio di lamiera che dovrà essere sfruttata per il pezzo, che avrà sempre la conformazione di un rettangolo. Si può quindi ricavare il volume, ed attraverso il peso specifico del materiale utilizzato si può risalire al peso effettivo del componente.

Conoscendo il costo delle materie prime in €/Kg si ricava facilmente il costo del materiale utilizzato in un pezzo.

Per determinare invece il costo necessario alle lavorazioni successive il calcolo non viene effettuato direttamente in €, ma viene invece quantificato il tempo necessario al macchinario a svolgere le operazioni. Determinato il tempo, si può calcolare il costo necessario per realizzare il pezzo, essendo noto il costo orario del centro di lavoro. Tale costo orario comprende il costo del lavoro degli operatori e il costo per l'energia.

In questa trattazione il costo del centro di lavoro non viene utilizzato perché molto variabile: dipende infatti da dove viene collocata la produzione e da molti altri fattori. Il paragone tra diverse realtà produttive, al fine di analizzarne la produttività, l'efficienza e il costo dei componenti, verrà sempre effettuato confrontando i tempi.

Per la valutazione del tempo necessario ad una lamiera ad essere selezionata dal magazzino, movimentata fino al tavolo di lavoro dove viene effettuata la punzonatura ed il taglio ci siamo basati su video realizzati dall'ufficio metodi. In questi filmati è ripresa tutta l'attività che va dall'istante in cui parte l'operazione di selezione del foglio fino a quando sono completate tutte le fasi di taglio. Si è notato che la maggior parte del tempo viene utilizzato per la movimentazione ed il posizionamento del foglio di lamiera, mentre le operazioni di punzonatura e taglio sono svolte in modo veloce ed efficiente. Infatti, a parità di dimensioni del pezzo, il tempo di lavorazione dipende poco dal numero di operazioni di punzonatura o taglio da compiere.

Dai risultati ricavati dai filmati si è dedotto che il tempo necessario per effettuare queste operazioni può essere approssimato con la seguente formula:

$$\text{tempo necessario [min]} = \left[\frac{\text{larghezza [mm]} * \text{lunghezza [mm]}}{1000000} \right] * \frac{1}{3} * K$$

Il coefficiente empirico K nella formula tiene conto del numero di lavorazioni effettuate sulla lamiera (dove sono molte, il coefficiente è maggiore di uno).

La formula precedente è basata su una semplificazione: presuppone infatti l'utilizzo di un foglio di lamiera per ogni singolo componente. Questa semplificazione è necessaria perché non è stato possibile entrare nel merito della programmazione della macchina e quindi della possibilità di gestire la disposizione dei componenti su ogni foglio di lamiera. D'altra parte essendo peggiorativa rispetto al caso reale, ci permette di avere delle garanzie ulteriori sulla credibilità della valutazione.

Terminata la fase di punzonatura e taglio si procede con la piegatura con la logica illustrata precedentemente. Nel caso in cui venga utilizzata la pannellatrice automatica, nel conteggio del tempo della piega è già inserito il tempo richiesto per effettuare anche lo spostamento necessario al posizionamento.

E' stata ottenuta quindi una tabella che riassume i tempi necessari per effettuare le operazioni:

PIEGATRICE AUTOMATICA	
NUMERO PIEGHE	TEMPO PIEGATURA [min]
1	0,5
2	0,65
3	0,85
4	1
piega sullo stesso lato	
	+ 0,1

Tabella 23 Tempistica della piegatrice automatica

Come si può notare se su un lato vengono effettuate due pieghe o più, per quantificare il tempo necessario si somma il coefficiente + 0.1, ipotesi ragionevole essendo la lamiera da piegare già in posizione sul macchinario.

Se invece si ricorre alla piegatrice manuale, bisogna tener conto del fatto che il componente è movimentato manualmente ed in base al peso la velocità di manovra dell'operatore varia; un ulteriore aggravio si ha se si devono movimentare pezzi con peso maggiore dei 20 Kg, perché si devono prevedere due addetti che svolgono questa manovra.

Otteniamo anche qui una tabella riassuntiva che valuta i tempi necessari:

PIEGATRICE MANUALE				
OPERAZIONE	TEMPO PIEGATURA [min]			
	≤ 5 kg	> 5 kg , ≤ 10 kg	> 10 kg , ≤ 20 kg	> 20 kg
Posizionamento	0,2	0,2	0,3	0,5
per ogni piega	0,2	0,25	0,3	0,5
piega sullo stesso lato	0,1	0,15	0,2	0,3

Tabella 24 Tempistica piegatrice manuale

Terminate le operazioni di piegatura, il componente può essere stoccato a magazzino nella posizione definita.

Rispetto alla produzione attuale, è stata ipotizzata la produzione in sede non solo delle lamiere realizzate in acciaio prezinco, ma anche dei pezzi realizzati in acciaio inossidabile ed in alluminio. Essi si realizzano sempre con l'ausilio della pannellatrice automatica; bisognerà attrezzarla con punzoni ed altri attrezzi atti a lavorare questi tipi di materiale, ma il vantaggio che si otterrà in termine di riduzione dei costi è elevato .

8.2 COSTO RAME

La valutazione dei costi del rame utilizza la stessa logica utilizzata per la carpenteria; non ci sono però le incognite dovute alla movimentazione, essendo utilizzate sbarre con profili standard.

In questo centro di lavoro è presente un magazzino automatico dove depositare le materie prime, che sono le diverse sezioni di sbarre di rame utilizzate nei pannelli, ed un macchinario che svolge le operazioni di taglio, fresatura, punzonatura e piegatura in automatico.

Per la valutazione del costo della materia prima si procede come nel caso appena analizzato con la lamiera (si parte dalle dimensioni del pezzo, si determina il volume e tramite il peso specifico si risale al peso del componente che moltiplicato per il costo in €/Kg permette di trovare il costo della materia prima utilizzata).

Una volta che la sbarra selezionata ha raggiunto il macchinario automatico per la lavorazione, si eseguono il taglio della sbarra nella misura desiderata, la fresatura in modo da creare un profilo semicircolare unificato e infine la foratura attraverso l'utilizzo di appositi punzoni.

La logica di punzonatura di una sbarra prevede che su di essa siano effettuati tutti i fori che dovranno essere utilizzati con quel componente.

Esempio: punzonatura di una derivazione superiore da 80mm



Figura 85 Vista frontale e posteriore del componente

La sbarra viene forata in modo da essere il grado di portare tutti i contatti con diametro da 35mm a 79mm.

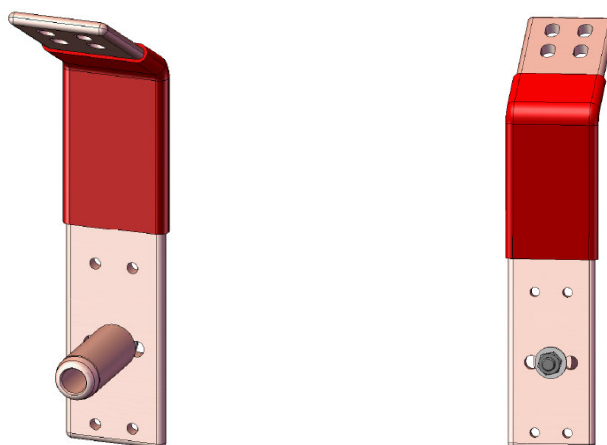


Figura 86 Vista frontale e posteriore con montato il contatto da 35mm



Figura 87 Vista frontale e posteriore con montato il contatto da 79mm

Questo metodo permette di creare delle sbarre standard che sono intercambiabili tra le diverse configurazioni.

La durata di questa operazione varia solo in base alla larghezza della sbarra che sto lavorando; il numero di fori da realizzare influisce solo marginalmente sul tempo di lavorazione, come si vede da questa tabella:

MACCHINARIO AUTOMATICO	
LARGHEZZA SBARRA [mm]	TEMPO OPERAZIONE[min]
60	2,6
80	2,8
100	3
120	3,2
150	3,4

Tabella 25 Tempistica per le operazioni di taglio, fresatura e punzonatura delle sbarre di rame

L'operazione successiva riguarda la piegatura della sbarra in modo da ottenere il profilo desiderato.

Anche in questo caso devono essere rispettati dei vincoli, che risultano essere meno stringenti rispetto al caso delle parti realizzate per la carpenteria.

In questa lavorazione è il peso del pezzo ad influire sul tempo di piegatura, che può essere riassunto nel seguente modo:

PIEGATRICE SBARRE DI RAME		
OPERAZIONE	TEMPO PIEGATURA [min]	
	≤ 10 kg	> 10 Kg
Posizionamento	0,075	0,1
per ogni piega	0,15	0,175
piega sullo stesso lato	0,1	0,125

Tabella 26 Tempistica piegatura sbarre di rame

Terminata la piegatura, la sbarra è pronta per essere stoccata nel caso in cui non sia prevista una guaina isolante da applicare esternamente. Se invece la tipologia richiede la guaina isolante, per quantificare il costo bisogna conoscere la lunghezza necessaria per ricoprire la sbarra. Solitamente si ipotizza che rispetto alla lunghezza del pezzo si debbano sottrarre 250mm, suddivisi in due zone: una fascia libera per il collegamento superiore ed una per quello inferiore.

Ricavata la lunghezza è possibile risalire al costo della guaina moltiplicandolo semplicemente per il costo in €/m pagati per il materiale.

Per far sì che la guaina aderisca alla sbarra bisogna poi inserire la sbarra in forno, in modo che la guaina si ritiri rendendosi solidale con il pezzo. Per valutare il costo del trattamento che viene effettuato dal forno si utilizza la definizione del tempo necessario all'operazione.

La durata del trattamento è di un'ora ed il tempo che verrà identificato è riferito al costo del centro di lavorazione del forno. Se la sbarra non presenta pieghe, è possibile caricare il forno con molte sbarre (fino a un massimo di 60 pezzi) assegnando un tempo limitato all'operazione. Se invece ha un profilo più complicato, la capacità di caricare il forno con questa tipologia di sbarre diminuisce, quindi il tempo da addebitare a questa lavorazione sarà maggiore.

Sono state identificate 3 tipologie principali di sbarre:

FORNO	
PROFILO SBARRE	TEMPO OPERAZIONE[min]
piatto	1
semplice	3
complesso	6

Tabella 27 Tempistica processo di rinvenimento nel forno

Ultimata l'operazione di trattamento delle sbarre con il forno, le stesse possono essere stoccate a magazzino.

La realizzazione dei contatti fissi del pannello invece ha un processo di costificazione differente. Le lavorazioni che devono essere effettuate sul componente non sono realizzabili internamente, quindi viene effettuata una lavorazione esterna (il materiale viene però fornito da ABB, che può contare su prezzi d'acquisto molto competitivi).

Abbiamo quindi ricavato il costo definitivo di ogni tipologia di contatto che risulta essere:

TIPOLOGIA CONTATTO [mm]	COSTO [€]
35	4
55	15
79	22
109	60

Tabella 28 Costo contatti fissi

Nel caso di componenti in rame, che è un materiale pregiato, la fluttuazione del prezzo delle materie prime comporta variazioni non trascurabili sul costo del prodotto finito. In questa trattazione ci siamo limitati a fare valutazioni imponendo un costo di acquisto delle materie prime fisso.

8.3 ALTRE PARTI

In queste situazioni, non essendo attrezzati internamente per lavorare questi materiali, ci siamo interfacciati con i fornitori per poter stabilire una valutazione attendibile dei costi dei componenti. Per ciascun componente, sono stati realizzati dei disegni particolareggiati, successivamente trasmessi ai fornitori per riceverne le ipotesi di prezzo. Il costo determinato è la media dei prezzi ipotizzati da diversi fornitori.

Il primo componente ad essere trattato in questa valutazione è il monoblocco. Nel prodotto attuale il materiale utilizzato per la sua realizzazione è una resina termoindurente, con la nuova

generazione si è pensato di utilizzare una particolare resina termoplastica; a fronte di un leggero aumento di costo delle materie prime, ciò offre vari vantaggi nella realizzazione del pezzo (vincoli connessi allo stampo) ed anche un tempo di stampaggio notevolmente minore.

Nella nuova soluzione nei monoblocchi sono presenti degli inserti che devono essere posizionati durante la fase di stampaggio del componente. Questo comporta un notevole aumento di tempo per la realizzazione di un pezzo, infatti l'operazione necessita dell'impiego di un addetto specializzato che provvede a posizionare gli inserti manualmente all'interno dello stampo. Ci è stato consigliato di prevedere dei fori nello stampo idonei ad essere sede di particolari tipi di inserti adatti alle caratteristiche di questo materiale.

La nuova procedura consiste in una macchina tutta automatizzata che come prima operazione realizza il componente stampandolo e, successivamente, attraverso dei robot provvede ad installare nelle sedi opportune questa nuova tipologia di inserti ed al loro fissaggio. Utilizzando questa soluzione è stata garantita una riduzione del costo e soprattutto una velocità maggiore di realizzazione del componente; si è anche evitata la presenza dell'addetto che deve caricare gli inserti manualmente.

Ai nostri fini risulta essere indifferente come avviene il posizionamento degli inserti, le prestazioni offerte dalla nuova tipologia sono simili e soddisfano i nostri requisiti, quindi per questa soluzione si è previsto di utilizzare il metodo appena descritto per realizzare i monoblocchi.

Altre parti che hanno richiesto la valutazione dei costi risultano essere molto semplici da realizzare e sono: la protezione dei monoblocchi, l'anello che viene montato internamente al monoblocco, la protezione inferiore prevista per la famiglia delle IF con determinate tensioni che è composta da una parte destra ed una sinistra ed anche dei distanziali isolanti necessari al suo montaggio.

Oltre a questi componenti anche alcuni elementi della struttura del pannello risultano essere realizzati esternamente, essendo la fabbricazione esterna vantaggiosa dal punto di vista economico. Due componenti che hanno queste caratteristiche sono le serrande ed il relativo comando preassemblato.

Possiamo riassumere i costi di questi componenti in una semplice tabella:

COMPONENTE	COSTO [€]
monoblocco da 650	10
protezione isolante da 650	2
monoblocco da 800	13
protezione isolante da 800	2,5
anello isolante	0,5
protezione isolante destra	6
protezione isolante sinistra	6
distanziale isolante	1,8
serranda da 650	9
serranda da 800	10
serranda da 1000	15
serranda da 800 rivestita	12
serranda da 1000 rivestita	19
azionamento serrande	10

Tabella 29 Costo componenti realizzati esternamente

9 VALUTAZIONE ECONOMICA

Questo capitolo si propone di quantificare economicamente le differenze tra l'attuale generazione e quella qui proposta. Si rendono necessarie varie considerazioni riguardanti diversi campi: si va dall'analisi dei tempi di assemblaggio alla gestione dei fornitori.

Nelle pagine che seguono, sono stati spesso utilizzati dati sensibili dell'azienda, che per motivi di riservatezza non vengono pubblicati: in tali casi si utilizzeranno le variazioni relative per definire i paragoni tra le diverse soluzioni.

Nel caso in cui sono eseguite delle comparazioni non in Euro ma in ore è semplice risalire al risultato attualizzato in Euro conoscendo il costo orario del centro dove vengono realizzate le lavorazioni.

9.1 CONFRONTO TRA UNITA'

In questa sezione si effettua un confronto approfondito della configurazione più venduta nell'anno 2008. Questo pannello è una IF caratterizzata da una tensione nominale di 12 KV, una corrente nominale da 630 A, e una corrente ammissibile di breve durata pari a 31.5 KA per 1 S. Per poter eseguire una comparazione attendibile tra i pannelli, sono stati introdotti durante la configurazione dell'unità dei vincoli da rispettare:

1. i pannelli sono privi di interblocchi;
2. predisposizione dei TA e TV;
3. la cella BT non è prevista;
4. nella cella interruttore non è presente il riscaldatore anticondensa;
5. il sezionatore di terra non è installato;
6. il condotto di sfogo dei gas non è installato.

9.1.1 Tempistica di produzione della carpenteria

Tramite la valutazione realizzata precedentemente per determinare il costo dei componenti, è possibile quantificare il tempo necessario per la produzione delle parti utilizzate per assemblare il pannello nella configurazione analizzata.

Per risalire al tempo necessario ad effettuare queste operazioni con l'attuale generazione, è stato utilizzato il database standard di produzione, che permette, dato un tipo di pannello, di conoscere tutte le parti che lo compongono indicando le lavorazioni effettuate sui singoli componenti.

E' stato così possibile ricavare i seguenti dati:

OPERAZIONE	TEMPO OPERAZIONE [min]		DIFFERENZA [%]
	UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE	
movimentazione,punzonatura e taglio	53,915	51,93	-3,68
totale piegatura	34,2	40,25	17,69
piegatrice automatica	13,6	28,6	110,29
piegatrice manuale	20,6	11,65	-43,45

Tabella 30 Confronto tempistica della carpenteria

	UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
	% SUL TEMPO TOTALE	
piegatura automatica	39,77	71,06
piegatura manuale	60,23	28,94

Tabella 31 Confronto modalità di piegatura

Il tempo necessario alla prima operazione, che consiste nella selezione a magazzino, la punzonatura ed il relativo taglio del foglio di lamiera non comportano significative differenze tra le due generazioni di pannelli.

Nella seconda fase di lavorazione, che prevede la piegatura della lamiera, si verificano notevoli disuguaglianze.

Per la realizzazione della nuova struttura, il tempo totale risulta essere di oltre il 17%. Questo dato è attendibile, infatti nell'attuale generazione la fiancata laterale del pannello è composta da un'unica lamiera priva di pieghe intermedie. Con la nuova soluzione, invece, si ha una fiancata composta da diversi elementi, che presentano una piega su ciascun lato per poter effettuare l'assemblaggio della struttura. Questa situazione era già stata prevista in fase progettuale. Il dato che evidenzia meglio le differenze tra l'attuale soluzione e quella qui proposta riguarda le modalità di piegatura della lamiera. La differenza nei tempi di lavorazione riflette infatti le differenze strutturali che caratterizzano la progettazione dei componenti: con l'attuale soluzione, la piegatura in automatico assorbe il 40% del tempo di lavorazione; con la nuova soluzione la percentuale sale oltre il 70%. Questo esito mostra che la nuova soluzione è adatta ad essere prodotta in modo più efficiente con l'utilizzo di macchine automatiche.

9.1.2 Tempistica di produzione del rame

I tempi di calcolo delle lavorazioni necessarie sono state trattate nelle sezioni precedenti.

Per questa configurazione si ottiene la seguente tabella:

TEMPO OPERAZIONE [min]

OPERAZIONE	UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE	DIFFERENZA [%]
movimentazione,punzonatura e taglio	24,5	44,2	80,41
piegatura	12,6	6	-52,38

Tabella 32 Confronto tempistica del rame

Il tempo necessario al primo gruppo di operazioni (movimentazione della sbarra, taglio, fresatura e punzonatura) risulta incrementato di circa 80% con la nuova soluzione rispetto all'attuale.

Questo notevole incremento è dovuto principalmente ai seguenti fattori:

1. aumento del numero di parti necessarie per comporre il circuito di rame;
2. ridefinizione della lavorazione di fresatura da effettuare su ogni pezzo, in modo da unificare i profili delle sbarre;
3. aumento delle lavorazioni di punzonatura dovute alla realizzazione di più parti necessarie a comporre il circuito di rame, perché viene effettuata per ogni componente una foratura in grado di soddisfare le molteplici utilizzazioni della sbarra.

Il tempo necessario alla seconda operazione (piegatura) risulta invece ridotto di oltre il 50%.

Questa diminuzione è possibile perché in fase di progettazione delle sbarre di rame sono stati tenuti in considerazione i vincoli dovuti al macchinario che realizza questa lavorazione. Si è riusciti così ad ottenere la piegatura automatica di tutte le sbarre; oggi invece vi sono ancora tipologie di piega che si riescono a realizzare solamente tramite una piegatrice manuale, cosa che incrementa notevolmente il tempo necessario.

9.1.3 Assemblaggio pannello

Utilizzando come esempio la configurazione tipica che abbiamo analizzato, si può confrontare il tempo complessivamente necessario ad assemblare il pannello lungo la linea di montaggio. Tale confronto mostra che il passaggio dalla versione attuale a quella qui proposta comporta una riduzione del tempo richiesto di circa il 15%.

Questo beneficio è reso possibile grazie a:

- aumento delle operazioni svolte nei preassemblaggi;
- utilizzo ove possibile di viti autofilettanti al posto dei bulloni;
- semplificazione delle fasi di montaggio;
- standardizzazione dei componenti.

9.1.4 Costo pannello

Un'altra importante valutazione riguarda il costo del materiale utilizzato per realizzare il pannello. Di nuovo, si ottiene che la nuova soluzione risulta più conveniente di quella attuale; il risparmio è quantificabile intorno al 7%.

Confrontando le diverse parti che compongono le due strutture è possibile risalire al costo di ogni singolo componente ed evidenziare le differenze più significative:

COMPONENTE	COSTO [€]		DIFFERENZA COSTO [%]
	UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE	
Porte	151	90	-40,4
Piastra monoblocchi	32	7,1	-77,81
Guide interruttore	12	2,52	-79
Cassetto estraibile	20	10	-50

Tabella 33 Confronto componenti

Per quanto riguarda le porte, la riduzione di costo è possibile grazie all'unificazione della gamma ed alla semplificazione dei profili delle lamiere.

La piastra dei monoblocchi con la nuova soluzione risulta essere priva di pieghe e soprattutto le incisioni realizzate per alloggiare i monoblocchi sono effettuate con il macchinario automatico disponibile, senza ricorrere all'utilizzo di macchinari che realizzano questa lavorazione tramite taglio laser. Si è così ottenuto un notevole risparmio di costi.

Le guide interruttore hanno un profilo più semplice ed è anche cambiato il materiale utilizzato per la realizzazione: si è passati dall'alluminio all'acciaio zincato riducendo così il costo delle materie prime di circa un terzo. Per la nuova soluzione sono inoltre state eliminate le lavorazioni di fresatura presenti sull'attuale componente.

Anche il cassetto estraibile anteriore è stato riprogettato. Si è creata una nuova soluzione con una struttura molto più semplice da costruire e che necessita di poche pieghe. L'attuale soluzione risulta essere complicata da realizzare essendo presenti delle pieghe di difficile esecuzione; per questo motivo questo componente viene fabbricato presso fornitori esterni che comportano un notevole aumento dei costi.

9.2 CONFRONTO DELLA GAMMA

I confronti effettuati nei paragrafi precedenti su un pannello tipico possono essere estesi a tutta la produzione 2008 della serie UniGear: le medesime valutazioni effettuate precedentemente vengono ampliate attuando il confronto tra tutte le diverse tipologie in produzione.

Successivamente le differenze di costo e tempo vengono moltiplicate per il numero di pannelli prodotti per ogni configurazione.

Si ottiene così una quantificazione annuale delle differenze tra l'attuale generazione e la nuova.

Nota: Essendo i volumi di produzione dei singoli tipi di pannello dati aziendali riservati, non è possibile riportare qui il calcolo dettagliato dei confronti complessivi di costi e tempi. Ci limiteremo a indicare i risultati finali di tali calcoli.

9.2.1 Costi

Effettuando un confronto basato su tutte le configurazioni di pannelli realizzate nello stabilimento ABB di Dalmine nell'anno 2008, si ottiene un vantaggio totale per la nuova soluzione quantificabile in circa 750000€.

A tale rilevante differenza di costi, contribuiscono principalmente i seguenti fattori:

1. standardizzazione delle parti;
2. progettazione di componenti realizzabili in modo automatizzato;
3. aumento delle lavorazioni effettuate internamente.

9.2.2 Assemblaggio

Anche questo confronto si basa sui dati di produzione 2008, come sopra. Il risultato non viene espresso in Euro ma in ore, più precisamente sono conteggiate le ore risparmiate sulla linea di assemblaggio. Con che la nuova soluzione il risparmio è di 2410 h.

Questo vantaggio di tempo è stato ottenuto grazie a:

1. aumento dei preassemblaggi;
2. utilizzo ove possibile di viti autofilettanti al posto dei bulloni;
3. creazione di una struttura modulare;
4. semplificazioni delle operazioni di montaggio degli operatori.

9.3 MAGAZZINO

Dalla nuova soluzione si possono prevedere anche dei vantaggi dal punto di vista della superficie adibita a magazzino.

Attualmente lo stoccaggio dei componenti presso la sede ABB di Dalmine si avvale di un magazzino in affitto di 500 m². All'interno di questa struttura sono installate delle scaffalature che permettono di immagazzinare il materiale su 5 livelli differenti.

Per realizzare tutte le diverse configurazioni presenti nella gamma UniGear, bisogna gestire un magazzino composto principalmente dalle seguenti parti:

UNIGEAR	
TIPOLOGIA	COMPONENTI
Lamiera	232
Rame	242

Tabella 34 Componenti UniGear

Con la standardizzazione dei componenti otteniamo che nel futuro magazzino dovranno essere stoccate le seguenti parti:

NUOVA SOLUZIONE	
TIPOLOGIA	COMPONENTI
Lamiera	103
Rame	104

Tabella 35 Componenti nuova soluzione

Si osserva che è stata effettuata una notevole riduzione dei componenti (sono stati più che dimezzati). Questo comporta una minore esigenza di spazio da destinarsi come magazzino, che può essere quantificato attendibilmente in una riduzione dello spazio necessario del 30%.

Costificando il risparmio di superficie del magazzino si ottiene, essendo il costo annuale per il canone d'affitto pari a 75 €/m², un risparmio di 11250€.

9.4 GESTIONE SCORTE

Per la gestione delle scorte a magazzino e degli ordini di produzione è utilizzata una tecnica di riordino a quantità fissa. La procedura prevede che, quando le scorte di un certo componente calano sino a raggiungere il punto di riordino, venga emesso un ordine d'acquisto o di produzione per una quantità prefissata chiamata lotto economico.

I parametri fondamentali di questo sistema sono due:

- il lotto economico (EOQ);
- il punto di riordino (ROP);

Per poter applicare questa tecnica bisogna considerare delle condizioni di certezza che riguardano la gestione delle scorte:

1. la domanda dei componenti è nota ed è costante;
2. i lead time (LT) dei fornitori e dei centri produttivi interni sono noti e costanti;
3. i lotti di materiali che vengono acquistati o prodotti vengono consegnati in un'unica soluzione;
4. le scorte di ogni componente sono gestite indipendentemente dalle scorte di un altro codice;
5. nel caso in cui ci si appoggia a fornitori esterni, questi devono essere in grado di assicurare le tempistiche di consegna richieste.

Può essere così tracciato il seguente grafico che illustra la tecnica di gestione:

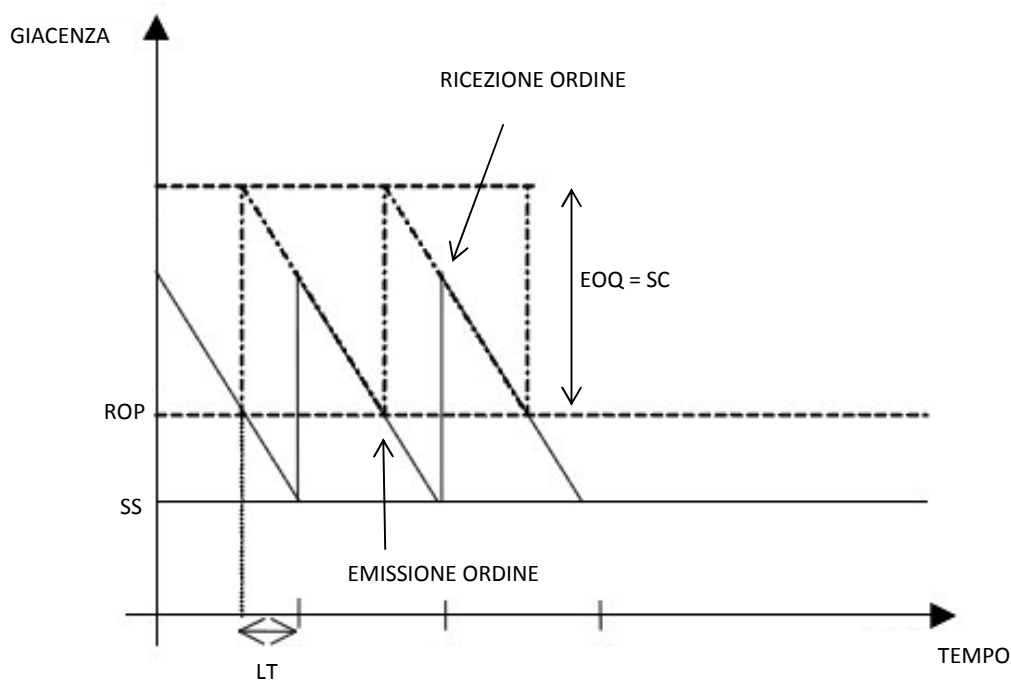


Figura 88 Gestione scorte

In condizioni di certezza il ROP si calcola moltiplicando la domanda del componente giornaliera per il LT del fornitore o produzione. Il lead time è il tempo che passa tra l'istante in cui si emette l'ordine di acquisto e l'istante in cui il fornitore o la produzione rende disponibile il materiale presso il magazzino.

Si può osservare che ROP risulta maggiore delle scorte di sicurezza (SS). Questa logica permette di effettuare l'emissione dell'ordine e la sua ricezione prima di andare ad intaccare le scorte di

sicurezza, tutelandosi così da eventuali inadempienze da parte dei fornitori o della produzione per un periodo limitato ricorrendo all'utilizzo delle scorte di sicurezza.

Il lotto economico (EOQ) è quella quantità che fornisce la migliore risposta alla necessità tra benefici e costi dell'investimento in scorta. Più precisamente corrisponde alla quantità che, soddisfatto il vincolo di rispondere alla domanda, minimizza il costo totale di gestione delle scorte. Il costo totale di gestione delle scorte può ritenersi essenzialmente costituito dal costo unitario di ordinazione e dal costo unitario di mantenimento e può essere rappresentato graficamente nel modo seguente:

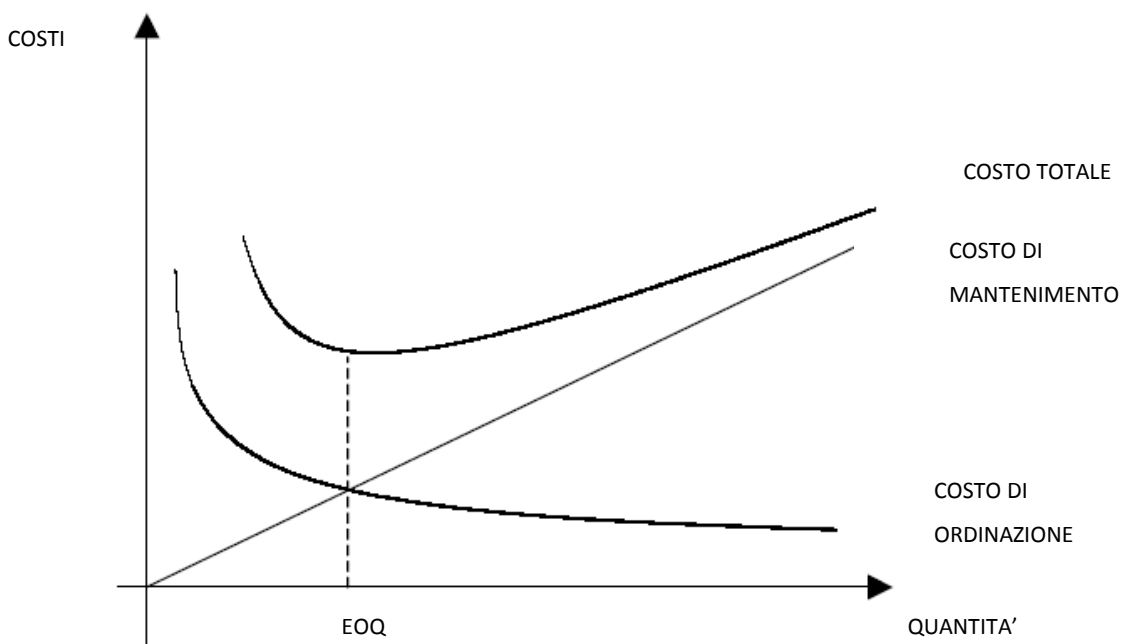


Figura 89 Costi delle scorte

I costi d'ordinazione dipendono da:

- costi di controllo qualità all'atto del ricevimento del lotto;
- costi amministrativi di gestione dell'ordine;
- costi di ricerca e selezione del fornitore;
- costi di negoziazione e stesura del contratto;
- costi di assicurazione (se sono a carico dell'acquirente).

Invece i costi di mantenimento sono influenzati da:

- costo del capitale investito;
- costo legato alla movimentazione dei materiali;
- costo dello spazio;
- costo dell'obsolescenza fisica ed economica.

Questa logica di gestione delle scorte è stata applicata ai componenti dove sono state realizzate le più evidenti riduzioni di versioni, consentendo di imporre alla produzione ed ai fornitori dei tempi per la fornitura più stringenti.

COMPONENTI	VERSIONI	
	UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
Porte	168	13
Monoblocchi	5	2
Protezioni isolante	13	2
Flap	24	6
Piastra monoblochhi	14	5
Guide Interruttore	8	2
Serrande	10	5
Azionamento serrande	8	2
Comando sezionatori	2	1
Sezionatori	5	3

Tabella 36 Versioni dei componenti

Viene anche ridotta la quantità dei singoli lotti, andando così ad effettuare la stessa produzione dei pannelli utilizzando un minore capitale circolante.

Anche le scorte risultano essere riviste:

	UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
SCORTA ATTUALE [GIORNI]	30	10
SCORTA DI CICLO [GIORNI]	15	8
SCORTA DI SICUREZZA [GIORNI]	15	2

Tabella 37 Gestione scorte

Con la nuova soluzione si è deciso di avere a magazzino il materiale necessario per la produzione di 10 giorni rispetto ai 30 giorni attualmente in uso. Questo comporta una riduzione delle scorte di ciclo e di sicurezza. Quest'ultima è quella che ha subito la riduzione maggiore, in ragion del fatto che ora vengono gestiti dai fornitori molte meno varianti, riducendo la possibilità di realizzare un ordine errato.

Per la quantificazione dei vantaggi, si può calcolare la giacenza media dei componenti come:

$$\text{GIACENZA MEDIA} = \text{SCORTE DI SICUREZZA} + (\text{SCORTE DI CICLO})/2$$

I valori ottenuti per l'attuale tipologia e per la nuova sono:

	UNIGEAR	NUOVA SOLUZIONE
GIACENZA MEDIA [GIORNI]	22,5	6

Tabella 38 Giacenza media

Calcolata la giacenza media, si può definire il valore della scorta media presente all'interno del magazzino in entrambe le situazioni attraverso la formula:

$$\text{VALORE SCORTA MEDIA} = \text{IMPIEGO NEL PANNELLO} * \text{PREZZO MEDIO} * \text{PRODUZIONE PANNELLI} \\ \text{GIORNALIERA} * \text{GIACENZA MEDIA} * K$$

(nell'espressione è presente un coefficiente K che tiene conto dell'installazione del componente all'interno della produzione giornaliera).

Calcolando la differenza tra il valore della scorta media nel caso attuale e nella nuova soluzione, si ottiene che quest'ultima permette un decremento del capitale circolante netto di circa 200000€. Si usa calcolare il vantaggio economico di tale riduzione quantificandola come il costo di opportunità generato dall'attesa degli azionisti per investire nell'attività del gruppo, equivalente a circa 35000€/anno.

10 CONCLUSIONI

Nel settore dei quadri di media tensione, i tempi di sviluppo necessari per la progettazione e l'industrializzazione di un nuovo prodotto sono valutati in circa 4 anni. Le attività richieste sono organizzate a formare progetti complessi ed articolati, che comportano ingenti investimenti. Lo studio qui descritto è appunto parte del progetto che si propone di progettare, industrializzare e portare alla produzione la nuova generazione di quadri di media tensione che sostituiranno gradualmente l'attuale gamma di quadri isolati in aria (nome commerciale UniGear).

Il processo che ha portato alla definizione dei moduli e dei componenti descritti nelle pagine precedenti è stato ispirato a due idee fondamentali:

1. la massima flessibilità, per permettere a chi dovrà realizzare i progetti applicativi di personalizzare la soluzione secondo le richieste del committente;
2. l'attenzione continua agli aspetti di industrializzazione, per far sì che tutti i componenti progettati siano anche producibili in modo efficiente ed economicamente sostenibile.

La presenza contemporanea di queste esigenze ha comportato lo sviluppo di una nuova metodologia di lavoro: nella progettazione dei nuovi componenti non è stato tenuto in considerazione solo il concetto di efficienza/efficacia della soluzione stessa, ma si è introdotta una nuova prospettiva che prevede l'ottenimento di due risultati in parallelo: efficienza/efficacia e l'industrializzazione ottimizzata della soluzione.

Questa filosofia è applicata da tempo in altri settori industriali, con denominazioni tipo "design for assembly" o "design for manufacturability" [5][6][7][8]: si tratta di tener conto fin dall'inizio del progetto di un componente delle esigenze della produzione in serie.

Nei componenti elettrici, tuttavia, si tratta ancora di una pratica innovativa: la sua applicazione comporta cambiamenti significativi, e può peraltro influire profondamente sui risultati economico-produttivi.

Gli obiettivi concreti perseguiti nello studio dei nuovi quadri sono:

- semplificazione della struttura e delle fasi connesse al montaggio;
- razionalizzazione dei componenti utilizzati per realizzare le diverse soluzioni installabili all'interno del pannello;
- aumento della flessibilità della struttura e relative soluzioni introducendo il minor numero possibile di modifiche da applicare tra le diverse unità tipiche.

A questo scopo, sono state analizzate le configurazioni e le principali soluzioni che sono richieste dai clienti. Una difficoltà specifica è dovuta alla continua evoluzione del settore: capita infatti spesso che le diverse utility, che costituiscono il parco clienti, abbiano esigenze nuove e non previste inizialmente. Se una soluzione alla richiesta dei clienti non è presente nella gamma standard di prodotto si rende necessario lo studio, da parte dell'ufficio ricerca e sviluppo e industrializzazione, di una specifica soluzione su misura per il cliente. Queste soluzioni ad hoc sono sempre dispendiose sia economicamente che in termini di tempo: il successo di una gamma di prodotto si misura proprio dal piccolo numero di casi in cui è necessario ricorrervi.

Si può affermare che questo lavoro abbia raggiunto gli obiettivi prefissati. Infatti sono stati valutati i seguenti miglioramenti rispetto alla gamma prodotti esistente:

- riduzione dei componenti di carpenteria e rame;
- riduzione del costo dei pannelli;
- semplificazione fasi di montaggio della struttura;
- riduzione dei tempi connessi al montaggio;
- aumento della creazione di componenti realizzati tramite il processo in automatico;
- gestione più efficiente dei fornitori;
- diminuzione dell'area adibita a magazzino.

La diminuzione dei componenti e la semplificazione delle procedure comporterà anche la possibilità di ridurre eventuali errori che possono essere riscontrati in fase di montaggio e personalizzazione di un pannello.

E' quindi possibile che il progetto qui sviluppato sarà scelto come base per l'evoluzione dell'attuale prodotto, e verrà portato in produzione nel prossimo futuro.

RIFERIMENTI

[1] IEC 62271-1 HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR (edition 1.0 10/2007)
Common specifications

[2] IEC 62271-200 HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR (edition 1.0 11/2003)
AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1KV and up to and including 52KV

[3] IEC 62271-102 HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR (edition 1.0 12/2001)
Alternating current disconnectors and earthing switches

[4] IEC 60529 DEGREES OF PROTECTION PROVIDED BY ENCLOSURES (IP CODE)
(edition 2.1 02/2002)

[5] Boothroyd, G., "Design for Assembly – A Designer's Handbook", Department of Mechanical Engineering, University of Massachusetts, Amherst, Nov. 1980

[6] Boothroyd, G., "Design for assembly: The Road to Higher productivity", Assembly Engineering, March, 1982

[7] Henchy, L.W., "American Manufacturing Fights Back", Business Solutions, Feb. 22, 1988

[8] Design for Manufacturability And Statistical Design: A Constructive Approach, by Michael Orshansky, Sani Nassif, Duane Boning

ABB SWITCHGEAR MANUAL

(11th edition)