



a cura di
Ing. R. Santulli
ing. F. Stefanucci

commissione
Mobilità elettrica

visto da:
Ing. A. Sales
Ing. A. Fuschiotto

L'ALIMENTAZIONE ELETTRICA DEI TRAM SENZA LA LINEA AEREA DI CONTATTO, SISTEMI "CATENARY FREE"

Questo articolo, non ha la pretesa di essere dedicato agli specialisti di settore, ma a quei colleghi che hanno la necessità e/o la curiosità di approfondire i principi di funzionamento dei diversi sistemi innovativi di alimentazione elettrica che si stanno, sempre di più, introducendo nel mondo dei trasporti.

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

Tratto dalla Rivista IoRoma o dal suo allegato
Quaderno che è consultabile al sito:
<http://rivista.ording.roma.it>



a cura di

Ing. R. Santulli
ing. F. Stefanucci

commissione

Mobilità elettrica

visto da:

Ing. A. Sales
Ing. A. Fuschiotto

L'ALIMENTAZIONE ELETTRICA DEI TRAM SENZA LA LINEA AEREA DI CONTATTO, SISTEMI "CATENARY FREE"

Questo articolo, non ha la pretesa di essere dedicato agli specialisti di settore, ma a quei colleghi che hanno la necessità e/o la curiosità di approfondire i principi di funzionamento dei diversi sistemi innovativi di alimentazione elettrica che si stanno, sempre di più, introducendo nel mondo dei trasporti.



L'alimentazione elettrica tradizionale

Come è noto, nelle soluzioni di esercizio tranviario tradizionale, la linea aerea di contatto è realizzata con conduttore in rame ed è collegata al polo positivo del generatore in sottostazione.

Tramite il contatto con lo strisciante installato sul pantografo dei tram, la linea aerea alimenta, in corrente continua, le unità di trazione elettrica; le rotaie, invece, collegate al polo negativo del generatore in sottostazione, fungono da conduttore di ritorno.

La linea aerea di contatto tradizionale e lo strisciante sono naturalmente soggette ad usura a causa:

- del contatto e del moto relativo tra le parti;
- del passaggio delle correnti assorbite dai veicoli

Anche il pantografo, naturalmente, è soggetto

a sollecitazioni elettriche e meccaniche e pertanto tutto il sistema di alimentazione, al fine di prevenire guasti, va sottoposto periodicamente ad operazioni di manutenzione.

Punti di forza e di debolezza dei sistemi "catenary free"

Esistono diverse tecnologie innovative con cui è possibile realizzare linee tranviarie di nuova generazione che sono, al contrario di quelle tradizionali, prive di:

- linea aerea di contatto
- pantografo sul tetto del tram

Queste tecnologie ben si adattano a superare i vincoli estetici, architettonici, urbanistici e di impatto ambientale, tipici dei centri storici delle grandi città, contribuendo allo sviluppo di una mobilità ecosostenibile.

Gli innovativi sistemi "catenary free", che han-

Figura 1 - Catenaria tradizionale



no visto le prime importanti applicazioni in Europa soprattutto in Spagna e Francia, hanno i seguenti punti di forza:

- riduzione dell'impatto estetico, ambientale ed urbanistico;
- riduzione della zona di rispetto con maggiore possibilità di superamento ostacoli (ad es. ponti);
- riduzione degli impatti sulla circolazione in caso di condizioni meteo avverse (neve, ghiaccio);
- possibilità di rientro dei veicoli in marcia autonoma in caso di guasto;
- possibilità di risparmio, fino al 20%, dell'energia di trazione con l'introduzione di sistemi di recupero in frenatura.

Per contro i sistemi "catenary free" hanno i seguenti punti di debolezza:

- non tutti i sistemi consentono di ottenere tutti i su elencati vantaggi;
- non esiste uno standard tecnico universalmente affermato e condiviso, ossia una soluzione ottimale per costi e prestazioni, adatta a tutti gli scopi di intervento;
- i vincoli di esercizio e le caratteristiche della linea su cui si deve intervenire impongono al progettista scelte che sono, in genere, di volta in volta diverse. Infatti è evidente che un conto sarebbe operare ampliamenti ed ammodernamenti su di un sistema tramviario già in esercizio, un altro dover realizzare *ex novo* una infrastruttura "chiusa", ovvero

senza interferenze con altri sistemi di trasporto;

- le soluzioni tecnologiche innovative, per poter essere applicate a sistemi già in esercizio, richiedono sempre modifiche ai rotabili, i quali vengono così ad assumere configurazioni diverse rispetto a quelle tradizionali;
- la fattibilità della modifica dei rotabili non è sempre percorribile;
- i costi sono ancora elevati.

Classificazione dei sistemi e tecnologie

Le principali soluzioni di esercizio possono essere suddivise in due grandi famiglie, in base alle necessità di installazione e di apparecchiature che esse comportano, precisamente:

1. Soluzioni con impianti solo a bordo tram.
2. Soluzioni con impianti sia a bordo tram che a terra.

Una seconda distinzione può poi essere effettuata in base alle modalità di ricarica dei sistemi di accumulo:

1. Soluzioni con ricarica presso le fermate, durante la sosta nelle stesse, per marcia autonoma, in assenza di catenaria tradizionale, su tutta la linea.
2. Soluzioni con ricarica durante il passaggio sotto la linea di contatto tradizionale, per marcia autonoma su brevi tratti di linea, privi di catenaria (dove coesiste la presenza

di catenaria tradizionale sui restanti tratti di linea).

- Soluzioni basate su alimentazione continua di energia nelle zone in cui c'è la presenza di veicoli tramite alternative alla catenaria e nessuna necessità di ricarica

Una terza classificazione può essere fatta in base alle modalità di prelievo e trasferimento dell'energia:

- Prelievo dalla linea di contatto tradizionale (esistente solo su parte del tracciato) attraverso pantografo tradizionale, posto sul tetto del tram.
- Prelievo da un terzo binario (terza rotaia); in tal caso il pantografo diventa un pattino posto sul fondo del tram ed applicato ai suoi carrelli.
- Prelievo mediante induzione elettromagnetica fra spire metalliche, affogate in pannelli prefabbricati posti a terra, con un pattino presente sul veicolo.

Le principali tecnologie su cui si basa la realizzazione dei diversi sistemi sono:

- Super condensatori a bordo.
- Batterie supplementari a bordo.
- Trasferimento continuo di energia mediante induzione elettromagnetica al sistema di accumulo.
- Terza rotaia sezionata elettronicamente.
- Terza rotaia sezionata meccanicamente.

- Propulsione mediante *fuel cell*.

- Accumulo di energia meccanica tramite volani.

Criteria di scelta dei sistemi

Nel caso della realizzazione di nuove infrastrutture, per la realizzazione di linee che prevedono lunghi tragitti, che si svolgono prevalentemente in centri storici in cui non è mai passato il tram ed in cui l'impatto estetico è molto rilevante, la soluzione migliore è quasi sempre quella di una infrastruttura fatta di impianti posti al suolo, a livello di binario, che interagiscono con i sistemi di captazione posti bordo (Soluzioni con impianti sia a bordo tram che a terra). Nel caso invece di tragitti molto brevi, al massimo di alcune centinaia di metri, che non prevedano particolari criticità (quali, essenzialmente, forte pendenza oppure elevato numero di *stop-and-go* dovuto a fermate e/o semafori), è possibile il ricorso a soli sistemi a bordo tram.

Una interessante applicazione di questa tecnologia potrebbe essere valutata per consentire il passaggio del tram davanti al Colosseo e a piazza Venezia, nella città di Roma. Questi sistemi sono in grado di accumulare energia durante la marcia e/o sosta lungo la linea di contatto tradizionale, ed erogare in seguito l'energia necessaria a superare il nuovo breve tratto senza linea di contatto.



Le diverse soluzioni messe a punto dai principali costruttori

I diversi sistemi già realizzati dall'industria di settore sono pubblicizzati sui siti aziendali dei costruttori.

Di seguito si riporta una breve rassegna:

- ALSTOM produce il sistema APS, in esercizio a Bordeaux dal 2003 e successivamente adottato in altre città; l'energia viene prelevata da un terzo binario, con la terza ruota, nella sezione occupata dal veicolo.
- ANSALDOBREDA produce il sistema TramWave, in esercizio sperimentale a Napoli e di futura realizzazione in Cina, nella città di Zhuhai; l'alimentazione continua di energia, nella sezione in cui c'è la presenza di veicoli, avviene tramite conduttore annesso nel terreno.
- BOMBARDIER produce il sistema Primove, in esercizio sperimentale ad Augsburg dal 2011; l'alimentazione continua di energia, nella sezione di linea in cui c'è la presenza di veicoli, avviene tramite conduttore annesso nel terreno.
- SIEMENS produce il sistema Sitras Hybrid Energy Storage (HES) che entrerà in funzione presumibilmente nel 2015 per la metropolitana di Doha, ed effettua la ricarica durante le fermate.
- CAF propone il sistema Rapid Charge Accumulator (ACR), in esercizio a Saragoza; il tram usa per la maggior parte della missione la catenaria tradizionale, nel centro storico, invece, si muove in marcia autonoma ed usa l'energia accumulata durante le frenate e, in aggiunta, può ricevere energia alle fermate.

Non si dispone ancora di dati di costo di costruzione e manutenzione a vita intera di sistemi innovativi "catenary free" da poter paragonare a quelli tradizionali.

Focus sull'applicazione di soluzioni innovative a sistemi di trasporto già in esercizio

Nei paesi in cui le risorse dedicate all'acquisto di nuovo materiale rotabile, come l'Italia, sono molto scarse, quando si progetta lo sviluppo di nuove linee tram spesso ci si pone il problema di come fare per poter utilizzare le flotte dei rotabili già esistenti, per consentirne una intensificazione di utilizzo con maggiore integrazione di servizio nei centri storici e nelle zone ad alto impatto estetico.

I sistemi di bordo necessari ad adeguare tram già in esercizio su linee tradizionali per la marcia autonoma, sono ingombranti e pesanti, anche nel caso di brevi percorrenze. La loro installazione, per il peso e la dimensione di accumulatori e super capacitori, richiede preliminari verifiche strutturali che devono coinvolgere inevitabilmente il progettista del rotabile: la fattibilità e l'economicità della modifica non sono affatto scontate.

Tutti i fornitori dichiarano infatti che il *retrofit* su tram esistenti, ovvero l'installazione dei suddetti apparati, è fattibile (ovviamente l'acquisto di nuovi tram, con tali sistemi nativi nella configurazione base, garantirebbe una perfetta integrazione dei sistemi stessi).

Resta però tutta da verificare la convenienza rispetto ai reali vincoli di esercizio, al reale stato d'uso e vita residua attesa della flotta tram esistente.

Inoltre occorre valutare le conseguenze che





l'installazione di tali dispositivi può avere sulla capacità di trasporto dei mezzi la riduzione del numero di passeggeri trasportabili a causa dei loro ingombri e del loro peso. Infatti:

1. le dimensioni medie dei componenti si aggirano intorno a 2x1, 5x0, 5 mc. Tali notevoli dimensioni, considerando che lo spazio sul tetto è già praticamente tutto occupato da altri impianti, rendono spesso necessaria l'individuazione di uno spazio aggiuntivo adatto allo loro installazione all'interno del veicolo;
2. il peso aggiuntivo medio, dell'ordine di 1,5-2 tonnellate, potrebbe richiedere, ai fini del mantenimento del carico per asse del veicolo entro i limiti di progetto e di esercizio, di dover sacrificare ulteriore capacità di trasporto diminuendo il numero dei passeggeri trasportabili.

Conclusioni

Ad oggi non sono presenti, in Italia, dei significativi piani di finanziamento pubblico destinati agli Esercenti per la diffusione di nuove tecnologie nell'ambito del trasporto pubblico tramviario.

Il trend è quello di ottimizzare il servizio, intensificando, nelle zone ad alta densità abitativa, l'utilizzo di flotte ed infrastrutture già esistenti, razionalizzando i servizi a scarsa frequentazione, al fine di renderlo economicamente sostenibile.

Il trend di utilizzo dei sistemi "catenary free" potrà

avere uno sviluppo sempre maggiore nella misura in cui si riuscirà a dimostrarne la reale convenienza economica oltre che l'importanza per la riduzione dell'impatto architettonico e visivo.

A tal fine, economie di scala e soluzioni tecniche di nuova generazione dovranno:

1. incrementare l'affidabilità;
2. abbassare i costi unitari di fabbricazione, messa in servizio;
3. valorizzare i benefici indotti, non solo in termini di impatto estetico, ma anche in termini di riduzione, per l'intera vita del sistema tram, dei costi ricorrenti infrastrutturali e di esercizio per:
 - la mancanza di linea aerea di contatto;
 - i risparmi di energia generati dal recupero di energia in frenata;
 - i risparmi generati dai minori costi di manutenzioni fatte sui tram e sulla rete.

Non appena saranno disponibili in letteratura dati consistenti delle esperienze degli operatori di Francia e Spagna, che sono stati i primi ad adottare queste tecnologie, sarà possibile effettuare le prime approfondite analisi numeriche di costi e benefici.

Per la crescita del nostro Paese sarebbe importante promuovere e stimolare, anche attraverso gli Ordini Professionali, la creazione di gruppi di lavoro con i tecnici appartenenti ai diversi settori industriali, per monitorare e condividere tutti i dati e gli aspetti relativi ai nuovi e promettenti sistemi innovativi.