

Ricarica ottimale durante il turno macchina

In che modo la Gestione Automatizzata delle Ricariche della IVU garantisce dati aggiornati sui veicoli e autonomie sicure

Ing. Simon Müller, Berlino; Ing. Matthias Rogge, Aquisgrana

Stato di carica target, orario di partenza, età della batteria, potenza totale disponibile, stazioni di ricarica pronte all'uso e costi energetici: le aziende di trasporto devono tenere conto di numerosi aspetti nella pianificazione delle ricariche. Ogni veicolo e ogni deposito ha bisogno della giusta strategia di ricarica. Questo vale anche per gli autobus elettrici a Duisburg, che Duisburger Verkehrsgesellschaft controlla con il sistema integrato di gestione dei carichi e delle ricariche della IVU.

Dal 1° marzo 2022, Duisburger Verkehrsgesellschaft AG (DVG) utilizza sette autobus articolati elettrici, impiegando così sull'intera linea 934 veicoli alimentati a batteria [1]. L'uso di autobus elettrici ed ecocompatibili consente di risparmiare ogni anno circa 1.000 tonnellate di anidride carbonica (CO₂) e, allo stesso tempo, garantisce una significativa riduzione delle emissioni acustiche e di sostanze inquinanti in città. Quest'ultimo è stato uno dei motivi che ha spinto DVG a elettrificare il trasporto in autobus sulla linea 934. Questa si snoda dal deposito Unkelstein attraverso il centro della città fino a Sechs-Seen-Platte, nella parte meridionale di Duisburg, passando per quartieri inquinati dal punto di vista acustico e atmosferico e che dovrebbero quindi beneficiare in modo particolare del miglioramento diretto della qualità dell'aria [1].

Per la conversione della gestione della linea 934 agli autobus elettrici, DVG riceve finanziamenti dal Ministero federale per l'ambiente e dall'associazione dei trasporti Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR) [2]. EvoBus GmbH, controllata di Daimler, ha fornito i sette autobus articolati elettrici del tipo eCitaro, che erano necessari. La capacità totale richiesta di 330 kWh è data da dieci unità di batterie ad alta tensione dell'ultima generazione di batterie agli ioni di litio (NMC2) con una maggiore densità energetica [2]. EvoBus ricopre anche il ruolo di impresa appaltatrice generale incaricata dal punto di vista tecnico e commerciale del progetto e, insieme ai suoi partner e subappaltatori, è responsabile dei veicoli, della gestione delle ricariche così come delle periferiche, compresa la tecnologia di ricarica.

Durante l'esercizio, i veicoli possono essere ricaricati con un pantografo sulla parte anteriore tramite l'infrastruttura di ricarica di SBRS GmbH (Schaltbau Refurbishment Systems) nel deposito Unkelstein di DVG [2]. I tempi giro alla fermata finale "Betr. Am Unkelstein" sono utilizzati per la ricarica intermedia tramite due caricatori rapidi da 450 kW presso una palina a T (Figura 1) all'esterno del deposito [3]. Inoltre, SBRS ha installato nel parcheggio sette alimentatori fissi con piastre di contatto e una potenza massima di 150 kW per la disposizione notturna.



Figura 1: ricarica occasionale di due EvoBus eCitaro G presso i caricatori rapidi da 450 kW [1] (Immagine: DVG)

DVG utilizza il sistema di gestione dei carichi e delle ricariche di IVU Traffic Technologies AG (IVU) per monitorare e controllare i processi di ricarica [4], [5]. Il sistema software può essere utilizzato per generare automaticamente piani di ricarica adeguati alla domanda sulla base all'orario di partenza e per controllare l'infrastruttura di ricarica mediante fasi di Smart-Charging. Nel calcolo del piano di ricarica si tiene conto anche del preconditionamento tempestivo dell'abitacolo e dei limiti di carico [5]. Inoltre, il sistema di gestione delle ricariche (LMS) è collegato all'interfaccia dati di Daimler Buses. In questo modo, i gestori di DVG possono monitorare tutti i dati rilevanti del veicolo, come lo stato di carica e l'autonomia residua in tempo reale, tramite il Cloud di Daimler Buses direttamente nel sistema software [4].

Sistema di gestione delle ricariche per l'esercizio degli autobus

La gestione dei carichi e delle ricariche della IVU comprende funzioni selezionate del sistema integrato di gestione del deposito per autobus elettrici ed è quindi appositamente progettata per l'esercizio degli autobus. Insieme al modulo per il calcolo del piano di ricarica, vengono definite le fasi di ricarica e trasmesse agli alimentatori tramite l'Open Charge Point Protocol (OCPP). Oltre alla ricarica delle batterie, possono essere programmate anche le fasi per l'alimentazione degli impianti ausiliari, per il bilanciamento delle batterie e per il preconditionamento.

Nella pianificazione delle ricariche, soddisfare i parametri operativi di DVG, e quindi garantire un esercizio stabile, ha la massima priorità. La Figura 2 mostra le singole fasi della pianificazione delle ricariche, dalla determinazione dei parametri operativi all'ottimizzazione delle fasi di ricarica.

Determinare i parametri	Determinazione automatica degli stati di ricarica target e degli orari di partenza → definire le condizioni d'esercizio marginali
Previsione	Previsione del comportamento di ricarica basata sul SOC attuale e sui parametri target → capire tempestivamente se i parametri possono essere soddisfatti
Determinare le priorità	Determinazione della priorità di potenza di ricarica limitata in base alla necessità di ricarica → assicurare la migliore ripartizione della potenza per soddisfare i parametri target
Peak shaving	Riduzione della potenza prelevata dalla rete elettrica → minimizzazione dei costi di rete legati alla potenza

Figura 2: funzionalità della Smart Charging (Grafico: IVU)

I principi guida fondamentali nella pianificazione delle ricariche sono i parametri operativi sotto forma di uno stato di carica target e di un orario di partenza. In pratica, non è fattibile per l'utente specificare manualmente i valori target per ogni processo di ricarica, ma è invece necessario un processo automatizzato. A questo scopo, nell'LMS della IVU sono state implementate tre diverse soluzioni, che differiscono per il loro livello di dettaglio. Un insieme di regole definisce il parametro degli obiettivi di ricarica, con i quali è possibile definire i valori target a seconda del punto di ricarica, del veicolo e dell'intervallo di inizio della ricarica. Al posto dell'insieme di regole, è possibile collegare un pre-sistema (ad esempio un sistema di gestione del deposito o una centrale di controllo) tramite l'interfaccia VDV-463, il quale trasferisce i valori target. La variante più conveniente è resa possibile dall'utilizzo del sistema integrato di gestione del deposito di autobus elettrici (eBMS), che determina lo stato di carica target e l'orario di partenza sulla base dell'attuale utilizzo dell'infrastruttura e dei turni macchina pianificati [6].

Nella fase successiva, i modelli tecnici dell'infrastruttura e della batteria del veicolo vengono utilizzati per visualizzare il comportamento di ricarica. Già in questa fase è chiaro se il veicolo in questione può raggiungere lo stato di carica target pianificato al momento stabilito e quanta potenza è necessaria per farlo. Va notato che il comportamento di ricarica non è affatto lineare e può variare notevolmente a seconda del tipo di batteria. Inoltre, è necessario tenere conto dell'attuale stato di invecchiamento delle batterie.

Rispetto dei limiti di potenza

Il collegamento alla rete e la successiva infrastruttura di alimentazione a Duisburg sono progettati in modo tale da offrire già delle riserve per l'espansione della flotta di autobus elettrici. Tutti gli alimentatori attualmente installati potrebbero utilizzare contemporaneamente la loro potenza massima senza sovraccaricare il collegamento alla rete. Qualora questo non si verificasse più nel corso di un'ulteriore espansione, entrerà in vigore la funzione di determinazione delle priorità dell'LMS. Per massimizzare la stabilità operativa, la potenza viene distribuita in modo preferenziale ai veicoli che hanno la necessità di ricarica più elevata. I veicoli che si fermano alle stazioni di ricarica rapida durante la

giornata hanno quindi una priorità più elevata rispetto ai veicoli che sono presenti alla stessa ora nel parcheggio e non vengono utilizzati fino al giorno successivo.

Oltre ai limiti di potenza statici derivanti dalle dimensioni dell'infrastruttura, nell'LMS della IVU è possibile definire anche limiti di potenza dinamici. Ciò offre la possibilità di ridurre l'energia prelevata dalla rete e quindi di risparmiare sui costi di rete (uso atipico della rete), in particolare nei lassi di tempo ad alto carico.

Risparmiare sui costi con il peak shaving

Garantire un esercizio stabile è l'obiettivo principale del sistema di gestione delle ricariche. Oltre a questo, tuttavia, esistono ulteriori potenziali di ottimizzazione che possono influenzare positivamente soprattutto la situazione legata ai costi. Un punto centrale è la funzione di peak shaving, un termine che si riferisce alla possibilità di attenuare i picchi di carico. Ciò avviene mediante uno spostamento temporale delle fasi di ricarica e una riduzione della potenza di ricarica. L'energia necessaria per ricaricare gli autobus elettrici dovrebbe quindi essere prelevata dalla rete nel modo più uniforme possibile, perché quanto più bassa è la potenza di picco utilizzata, tanto più bassi sono i costi di rete legati alla potenza. Il fattore decisivo è il valore medio di 15 minuti della potenza al collegamento alla rete, che determina la bolletta elettrica per l'intero anno. Gli effetti secondari positivi sono la riduzione delle perdite e la protezione delle batterie dei veicoli [7].

Monitoraggio delle ricariche e dell'esercizio degli autobus elettrici

Se il sistema di gestione dei carichi e delle ricariche è impostato e configurato adeguatamente, sono necessari solo pochi interventi manuali. Non appena il veicolo si collega a un punto di ricarica, il sistema di gestione delle ricariche calcola automaticamente un piano di ricarica adeguato in base alla capacità attuale della batteria, ai parametri target indicati e alle condizioni generali. Le fasi di Smart-Charging definite del piano di ricarica vengono trasmesse al caricatore tramite l'OCPP e implementate di conseguenza durante la ricarica del veicolo.

Con l'aiuto del display dei punti di ricarica della IVU (vedi Figura 3), il personale tecnico dell'infrastruttura di ricarica di DVG può monitorare le ricariche attive in qualsiasi momento. Il display dei punti di ricarica mostra la disponibilità dei punti di ricarica, le interruzioni di comunicazione o gli errori dei caricatori. Durante una ricarica attiva, è possibile visualizzare il veicolo collegato e i dettagli del livello di carica attuale della batteria in percentuale, nonché altri parametri di prestazione. Questi vengono registrati per tutti i processi di ricarica e possono essere esportati sotto forma di statistiche.

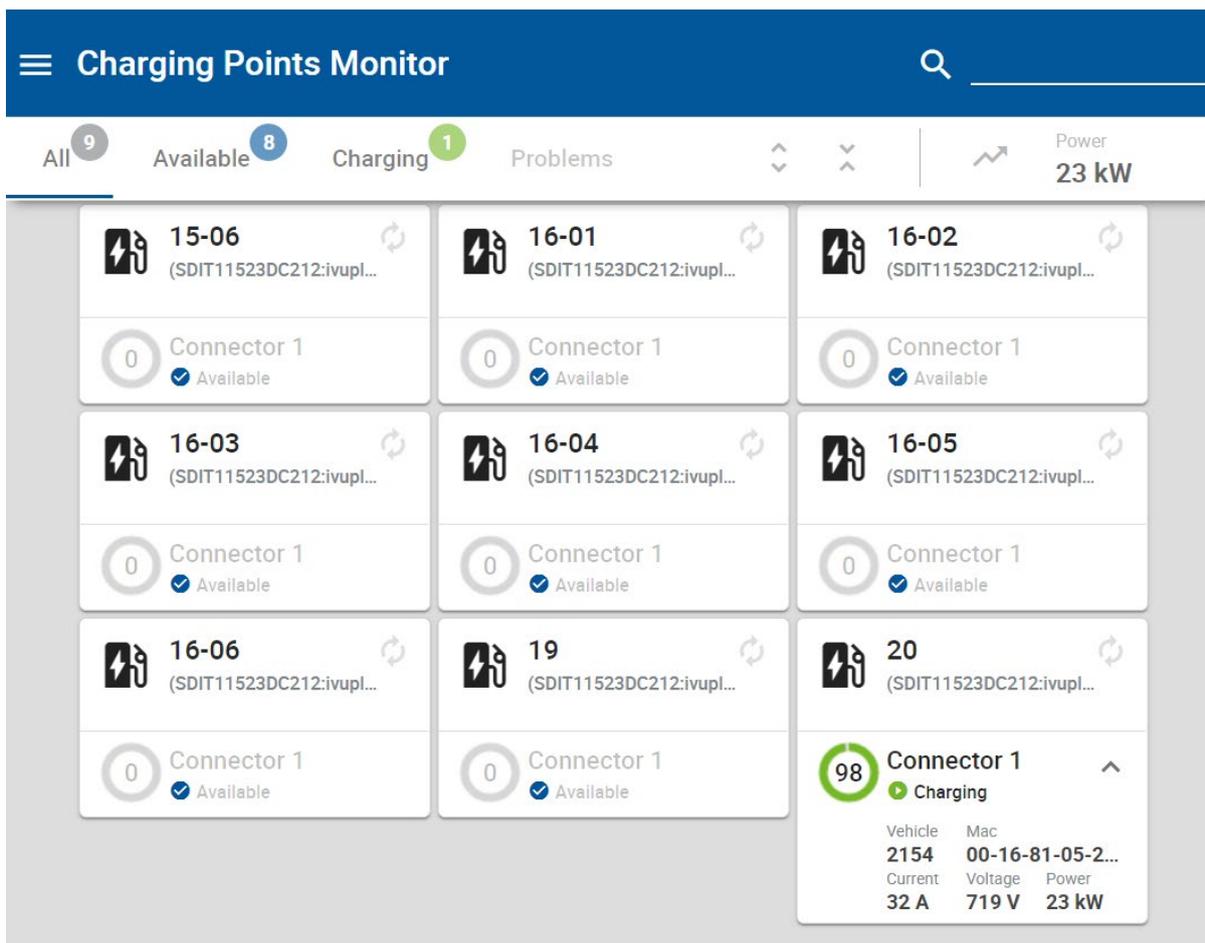


Figura 3: display dei punti di ricarica della IVU: visualizzazione tecnica per il monitoraggio delle ricariche attive (Immagine: IVU)

Se la connessione viene interrotta o viene segnalato un errore di ricarica, i responsabili possono essere avvisati tramite e-mail o SMS. In molti casi, i malfunzionamenti più semplici possono essere risolti con un soft reset dell'OCPP avviato da remoto nel display dei punti di ricarica, evitando così di recarsi all'alimentatore per la risoluzione dei problemi.

Quando i veicoli si trovano in esercizio di linea sulla tratta, i parametri rilevanti degli autobus elettrici, come il livello di carica attuale della batteria e l'autonomia residua, vengono visualizzati in una tabella ben strutturata. I parametri vengono importati in tempo reale dal Cloud di Daimler Buses nel sistema locale della IVU. Queste informazioni possono essere ordinate e filtrate in modo adeguato in base alle rispettive applicazioni. La colorazione configurabile dei dati del veicolo consente di identificare rapidamente gli stati di carica critici.

Sviluppo del progetto per la gestione delle ricariche

Mentre l'intero progetto è stato avviato alla fine del 2020, compresa la produzione dei veicoli e la costruzione dell'infrastruttura di ricarica, il sottoprogetto per l'introduzione del sistema di gestione delle ricariche è iniziato solo nella primavera del 2021. Per risparmiare tempo in fase di attivazione, la IVU e SBR5 hanno effettuato i primi test di ricarica da remoto nel giugno 2021. L'obiettivo era quello

di garantire che la crittografia, i certificati e la comunicazione OCPP fossero implementati correttamente, in modo che i piani di ricarica predefiniti e di Smart-Charging dell'LMS potessero essere applicati in modo appropriato. Dopo l'installazione dell'LMS nell'ambiente del server di DVG, sono state configurate le interfacce a SBRS ed Evobus. In questo modo, già nell'autunno del 2021 c'erano i presupposti per far entrare in funzione l'LMS subito dopo il completamento dell'infrastruttura di ricarica e la consegna dei sette eCitaro.

A causa delle difficoltà di consegna legate alla pandemia da parte di un produttore esterno di quadri elettrici di media tensione, la complessiva e integrativa fase di collaudo dell'interazione tra veicoli, infrastruttura di ricarica e sistema di gestione delle ricariche ha dovuto essere notevolmente ridotta. Ciononostante, tutte le aziende coinvolte sono riuscite a rispettare la data di inizio prevista per il 1° marzo 2022 per l'elettrificazione completa della linea 934. Lo sviluppo rapido e senza intoppi del progetto per l'introduzione dell'LMS è dovuto, tra l'altro, alla stretta cooperazione e alla buona collaborazione tra EvoBus GmbH, che in questo caso svolge il ruolo di impresa appaltatrice generale, e la IVU. Progetti simili trarranno vantaggio dall'esperienza acquisita e in futuro potranno essere portati a termine ancora più rapidamente.

Opportunità future

Anche se le flotte di autobus elettrici sono inizialmente facili da gestire, ha senso implementare fin dall'inizio un sistema di gestione dei carichi e delle ricariche dotato di numerose funzioni. Con un LMS come base, le aziende di trasporto sono preparate ad elettrificare ulteriormente le loro flotte di autobus e ad avvicinarsi sempre più all'obiettivo di un trasporto a basse emissioni. La scelta dei produttori di veicoli e di infrastrutture di ricarica rimane flessibile. Anche un utilizzo misto di autobus diesel, elettrici a batteria e a idrogeno non rappresenta un problema. Tenere in considerazione ulteriori depositi e luoghi finali con nuove infrastrutture di ricarica richiede solo l'ampliamento della configurazione dell'LMS e può essere effettuato in breve tempo.

L'approccio inclusivo del sistema di gestione dei carichi e delle cariche della IVU facilita inoltre l'aggiunta di ulteriori moduli per autobus elettrici di IVU.suite, come l'ottimizzazione dei turni macchina degli autobus elettrici o il sistema di gestione dei depositi. L'interazione coordinata tra la gestione dei depositi e quella delle ricariche consente di assegnare automaticamente i veicoli ai turni macchina non solo in base alla tipologia e agli attributi del veicolo, ma anche alle condizioni dei depositi e dei parcheggi. Inoltre, nel determinare le assegnazioni adeguate essa consente di tenere conto della capacità residua attuale della batteria, del fabbisogno energetico del turno macchina successivo e dei vari limiti di prestazione dell'infrastruttura di ricarica. Inoltre, gli obiettivi di ricarica possono essere adattati con precisione alle corse del turno macchina successivo. Ciò avviene anche in presenza di condizioni marginali mutevoli che richiedono misure di assegnazione a breve termine. Con l'aiuto di informazioni operative aggiuntive, la gestione delle ricariche può distribuire o conservare i carichi in modo più accurato, per poter coordinare piani di ricarica ottimali tra i vari depositi.

La gestione dei carichi e delle ricariche della IVU offre quindi un passaggio ideale e rapido all'elettrificazione delle flotte di autobus. Grazie alla flessibilità e all'ampia compatibilità della soluzione, essa offre un grande potenziale per la futura espansione della flotta di autobus elettrici e dell'infrastruttura di ricarica. In questo modo, l'LMS sostiene le aziende di trasporto in modo diretto nella transizione della mobilità verso un trasporto locale più rispettoso dell'ambiente e favorisce l'utilizzo di veicoli che contribuiscono in modo significativo a ridurre i livelli di rumore e le emissioni inquinanti nelle città, rendendole così più vivibili.

Gli autori



Simon Müller, dopo aver completato gli studi in ingegneria dei trasporti, ha lavorato come ricercatore presso la Technischen Universität di Berlino nel campo dell'aviazione e dell'interazione uomo-macchina. Dall'inizio del 2019, lavora come project manager presso IVU Traffic Technologies AG. In qualità di esperto di mobilità elettrica, è coinvolto in particolare in progetti per l'introduzione di sistemi di gestione delle ricariche e dei depositi o per l'ottimizzazione dei turni macchina degli autobus elettrici. Tra le altre cose, si è occupato del project management da parte della IVU nel progetto descritto nell'articolo per l'introduzione della gestione dei carichi e delle ricariche per gli autobus elettrici di Duisburger Verkehrsgesellschaft AG.



Matthias Rogge, uno degli amministratori delegati di EBS ebus solutions GmbH, sviluppa moduli per la previsione del fabbisogno energetico e la pianificazione delle ricariche con il suo team di sviluppatori di software e ingegneri. Integrati nel sistema completo IVU.suite, questi moduli assicurano una ricarica affidabile, economica e che non danneggia gli autobus elettrici. Dal 2015, con ebusplan GmbH, un team di esperti di autobus elettrici, offre consulenza alle aziende di trasporto di tutta Europa per la conversione agli autobus elettrici. Nell'ambito della sua tesi di dottorato presso l'Università RWTH di Aquisgrana, ha trascorso più di cinque anni nella ricerca sulla tecnologia dei sistemi a batteria per autobus elettrici e ha stabilito un processo di progettazione del sistema supportato da software.

Bibliografia

- [1] <https://www.dvg-duisburg.de/die-dvg/aktuell/elektrolinie-934>, 29.03.2022 um 15:42
- [2] <https://www.dvg-duisburg.de/die-dvg/news/pressemitteilungen/detailseite/dvg-bestellt-sieben-elektrobusse-buslinie-934-wird-2021-komplett-elektrifiziert>, 29.03.2022 um 15:43
- [3] <https://www.dvg-duisburg.de/die-dvg/news/pressemitteilungen/detailseite/sauber-und-leise-dvg-startet-erste-rein-elektrische-buslinie-934>, 29.03.2022 um 15:44
- [4] <https://www.nahverkehrspraxis.de/e-busse-samt-ladeinfrastruktur-von-daimler-buses-fuer-die-dvg/>, 29.03.2022 um 15:44
- [5] <https://www.ivu.de/aktuelles/details/automatisiertes-lademanagement-fuer-die-dvg>, 29.03.2022 um 15:45
- [6] T. Franke und C. Hein, „Elektromobilität ganzheitlich denken,“ *Der Nahverkehr*, vol. 10, 2021.
- [7] P. Sinhuber, „Zusammenspiel zwischen Lademanagement und Batterialterung,“ *Der Nahverkehr*, vol. 5, 2022.