

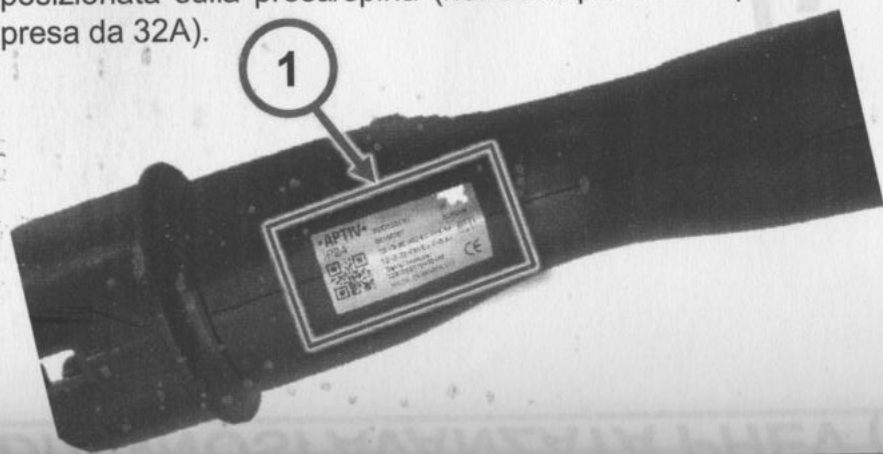
CAVI DI RICARICA MODO3

I cavi TRIFASE di ricarica MODO3 si possono suddividere in 4 tipologie, in funzione della massima corrente che possono sopportare (diverse sezioni in mm² dei conduttori).

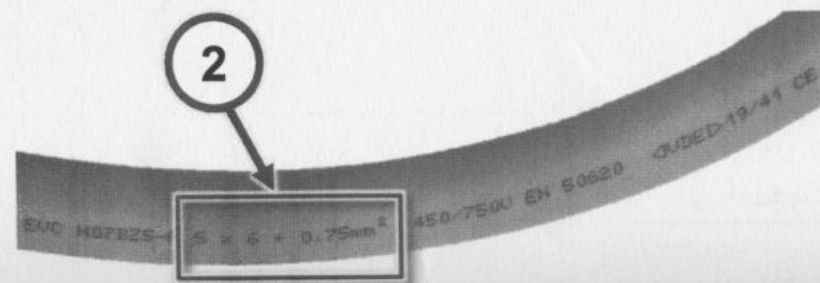
Esistono inoltre dei cavi di pari portata ma costituiti solamente da 1 conduttore di fase + 1 conduttore neutro, oltre ovviamente ai sempre presenti e necessari cavo PE (Terra) e cavo Contatto Pilota CP.

Corrente di targa presa/spina	Sezione cavo
13A	1,5mm ²
20A	2,5mm ²
32A	6mm ²
63A	16mm ²

L'indicazione della corrente che ogni diverso cavo può supportare è di norma riportata su di una targhetta (1) posizionata sulla presa/spina (nell'esempio sotto riportato presa da 32A).

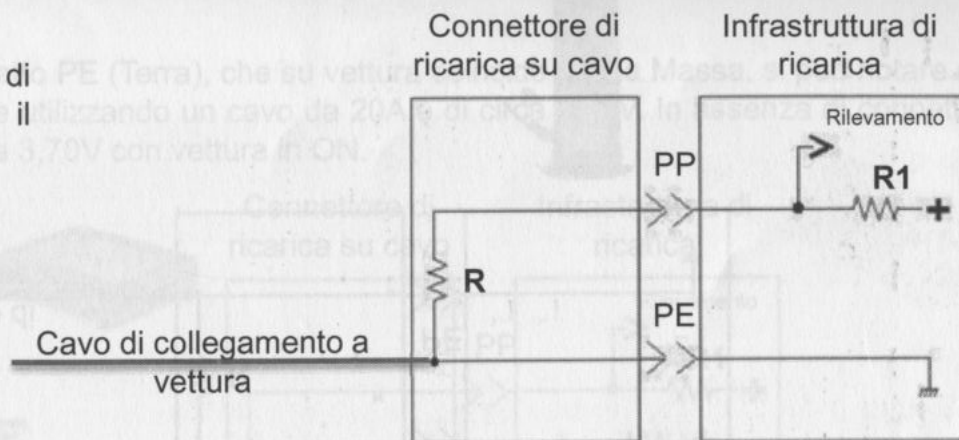


Sul cavo di norma sono riportati, stampati sulla guaina (2), il numero dei conduttori e la sezione degli stessi (nell'esempio sotto riportato cavo da 32A con 5 conduttori da 6 mm² + 1 conduttore da 0,75 mm²).



CAVI DI RICARICA MODO3

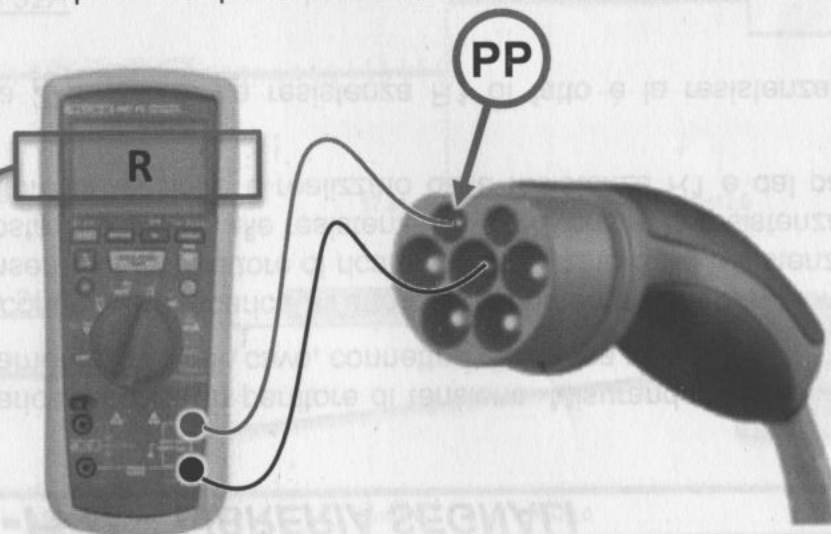
All'interno di ognuno dei connettori di ricarica (Tipo 2) di un cavo di ricarica MODO3 è presente una resistenza (R) posizionata tra il contatto PE (Terra) e il contatto di prossimità PP.



In funzione delle diverse tipologie di cavi, la resistenza R è diversa, come indicato in tabella sotto riportata. Il valore di resistenza lo si può anche rilevare mediante una misura in Ohm con multimetro tra il contatto PE (Terra) e il contatto di prossimità PP.

Questo diverso valore di resistenza permette all'elettronica dell'infrastruttura di ricarica di identificare univocamente l'insieme cavo, connettori di ricarica, in modo tale da non erogare corrente ad un valore superiore a quello ammesso dall'insieme cavo, connettori di ricarica.

Corrente di targa presa/spina	R (Resistenza misurata)	Sezione cavo
13A	1500 Ohm	1,5mm ²
20A	680 Ohm	2,5mm ²
32A	220 Ohm	6mm ²
63A	100 Ohm	16mm ²

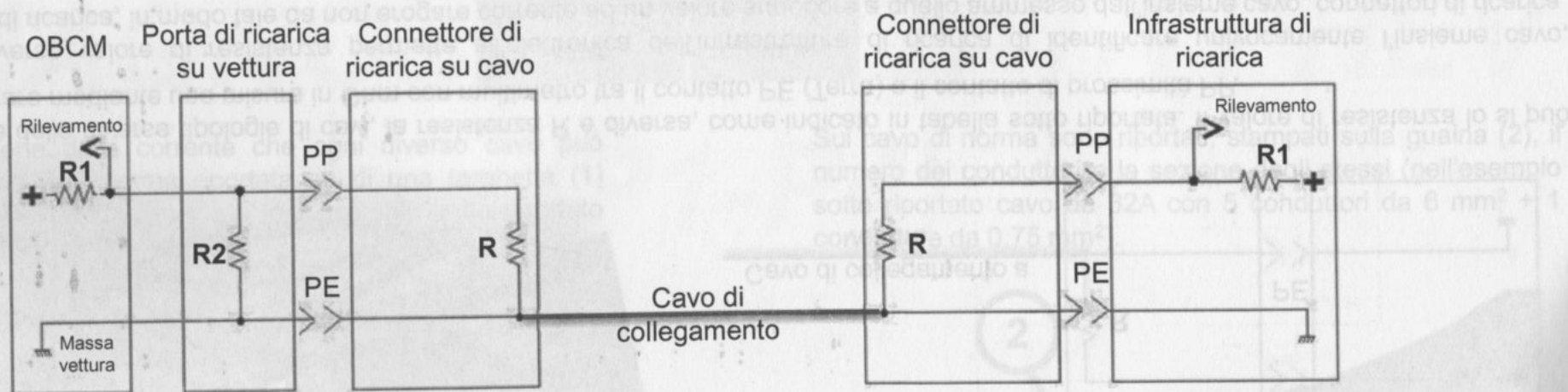


CAVI DI RICARICA MODO3

Di fatto inserendo la spina del cavo MODO3 nell'infrastruttura di ricarica, si crea un partitore di tensione. Misurando la caduta di tensione sulle due resistenze R e R1 l'infrastruttura di ricarica identifica univocamente l'insieme cavo, connettori di ricarica utilizzato.

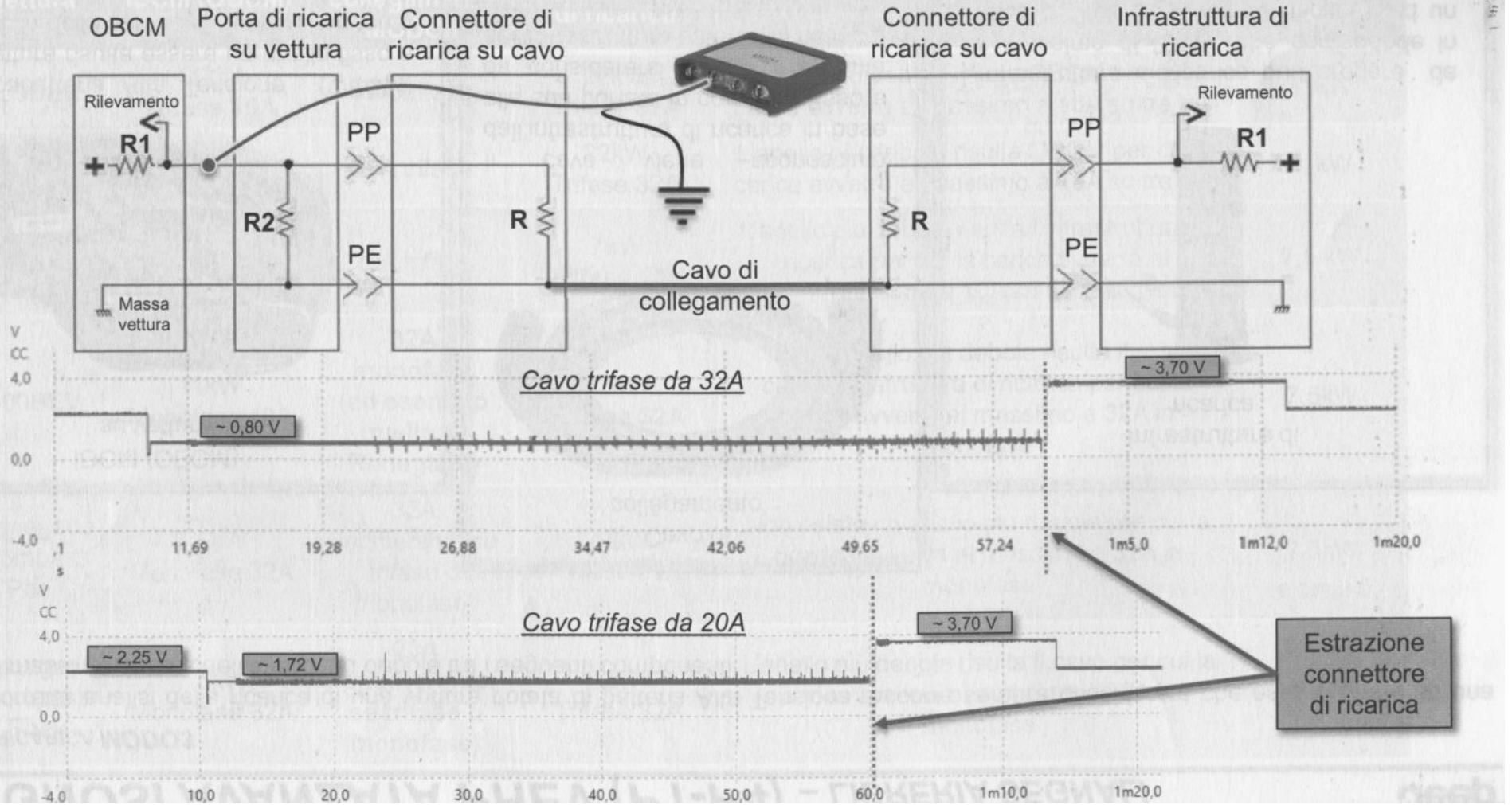
Dal lato vettura, l'elettronica della vettura riconosce l'insieme cavo, connettori di ricarica all'atto dell'inserimento del connettore di ricarica, nello stesso modo. Il partitore di tensione su vettura, quando non è inserito un connettore di ricarica è realizzato dalla resistenza R1 e dalla resistenza R2. Quando viene inserito il connettore di ricarica viene posta in parallelo alle resistenze R1 e R2 anche la resistenza R presente all'interno del connettore di ricarica. Di fatto, in questo caso il partitore di tensione è realizzato dalla resistenza R1 e dal parallelo delle resistenze R e R2.

La resistenza R2, posta all'interno della porta di ricarica, è pari a 2700 Ohm. La resistenza R1 di fatto è la resistenza equivalente dell'elettronica di controllo è presenta un valore di circa 23410 Ohm.



CAVI DI RICARICA MODO3

Se si rileva su vettura il segnale in tensione tra il contatto PP e il contatto PE (Terra), che su vettura coincide con la Massa, si può notare che la tensione quando si utilizza un cavo da 32A è di circa 0,80V mentre utilizzando un cavo da 20A è di circa 1,72V. In assenza di connettore di ricarica collegato alla porta di ricarica la tensione misurata è di circa 3,70V con vettura in ON.



CONTATTO PILOTA E CONTATTO DI PROSSIMITÀ

In entrambi i modi di ricarica MODO2 e MODO3, ICCB o l'infrastruttura di ricarica, in funzione della corrente massima che può erogare e della tipologia di cavo (che può limitare la corrente massima erogabile) invia sul contatto Pilota CP, verso il carica batterie OBCM presente su vettura, un segnale PWM con un determinato Duty Cycle.

Per ricariche con correnti inferiori ai 51A l'ampiezza del PWM viene calcolata mediante la seguente formula:

$$\text{Duty Cycle PWM} = \frac{\text{Corrente erogabile su una fase da ICCB o infrastruttura di ricarica (tenendo conto anche del cavo di collegamento)}}{0,6}$$

Esempio:

Se un infrastruttura di carica da 22kW può erogare 32A e viene collegata ad una vettura con un cavo che può sopportare al massimo 20A, essendo il cavo da 20A l'anello più debole del sistema il segnale in PWM che verrà inviato dall'infrastruttura di carica al carica batterie del veicolo presenterà un Duty Cycle di:

$$20 / 0,6 = 33\%$$

Se viene utilizzato un cavo da 32A il Duty Cycle sarà pari a :

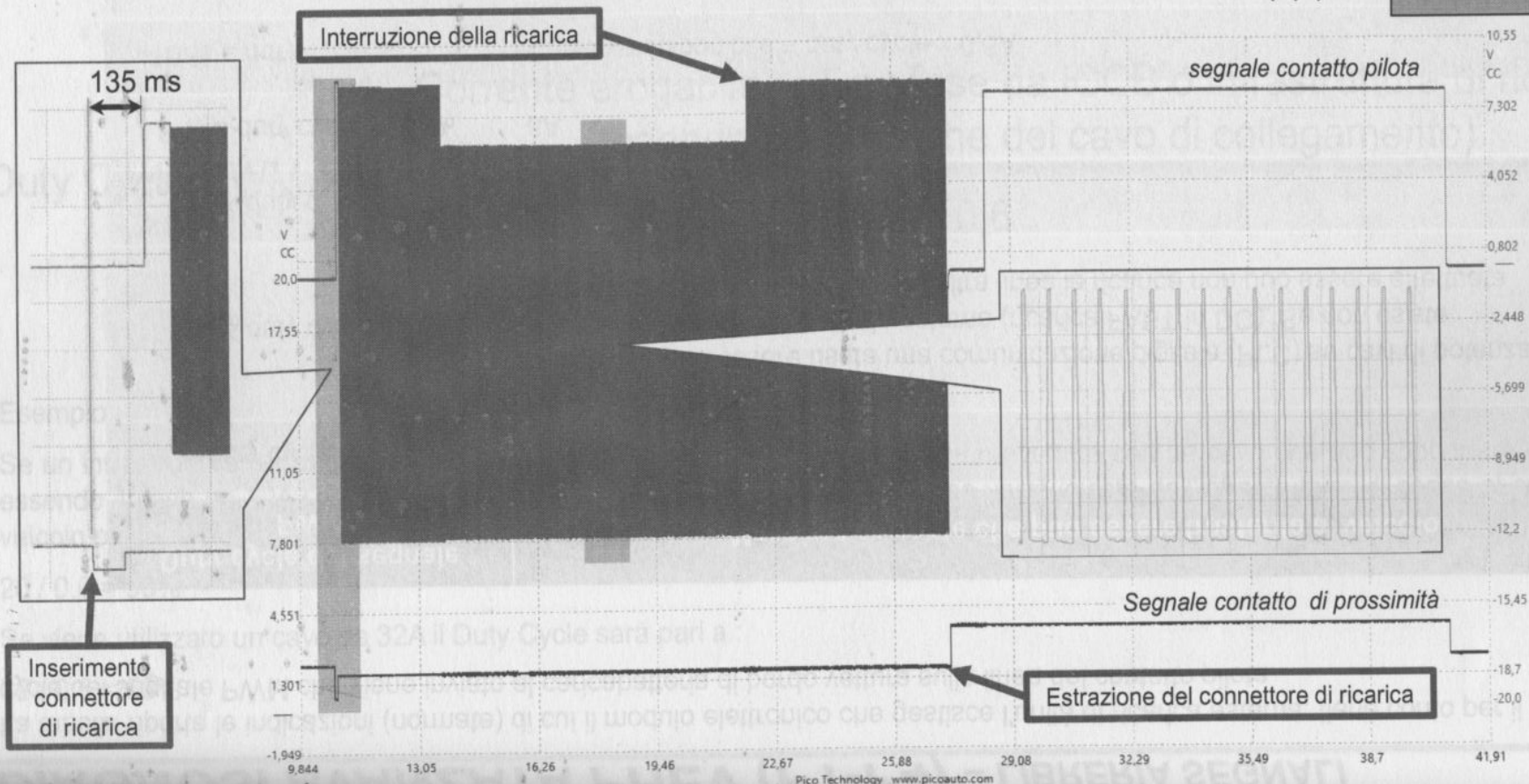
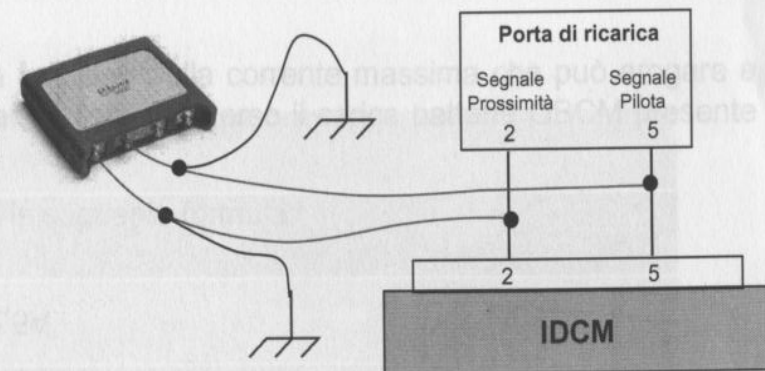
$$32 / 0,6 = 53\%$$

La tabella riporta le indicazioni (normate) di cui il modulo elettronico che gestisce l'unità di ricarica esterna, tiene conto per il calcolo del duty cycle del segnale PWM che viene inviato al caricabatteria di bordo vettura sulla linea del contatto pilota.

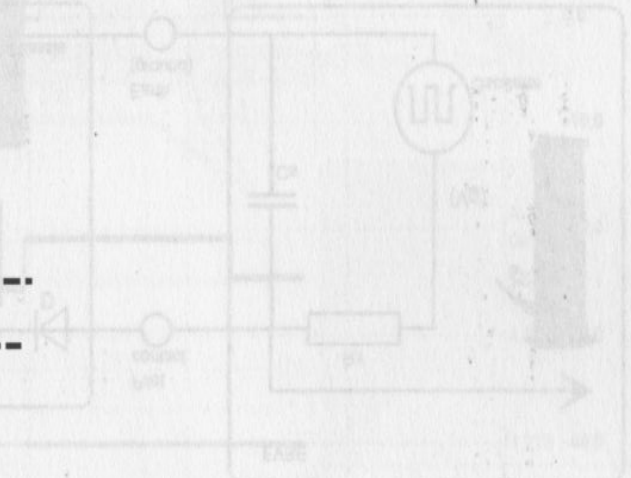
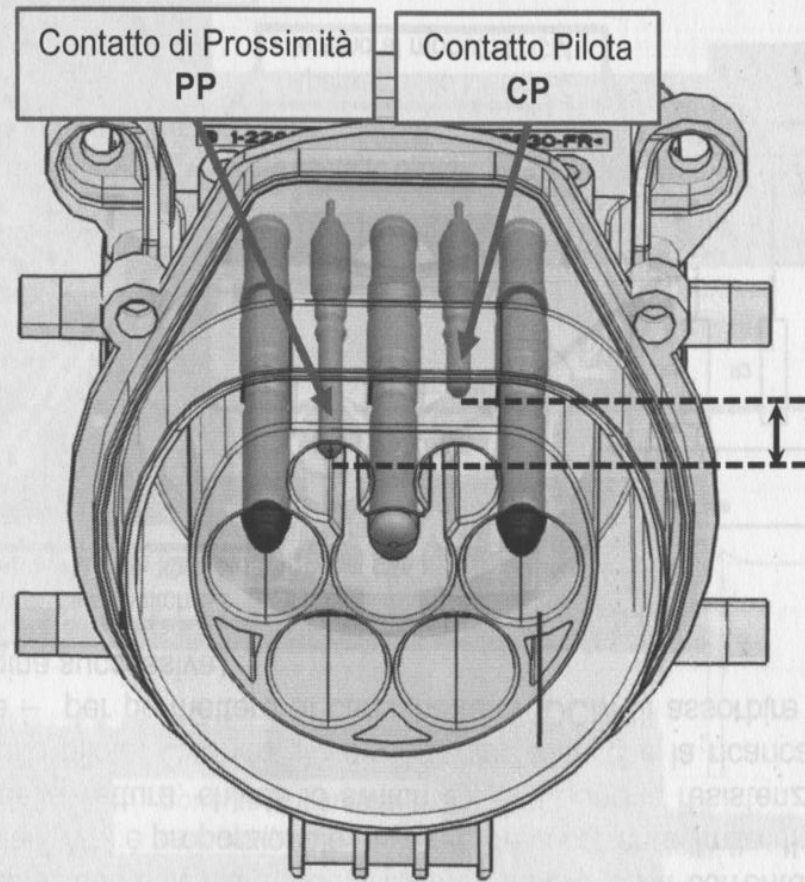
Duty cycle del segnale PWM	Massima corrente che può essere trasferita al veicolo
duty cycle < 3 %	Ricarica NON permessa
$3 \% \leq \text{duty cycle} \leq 7 \%$	Indica che può essere usata una comunicazione digitale (PLC) su cavi di potenza per il dialogo con un carica batterie esterno (ricarica FAST in DC). Se non esiste comunicazione digitale (PLC) su altra linea la ricarica non può essere effettuata
$7 \% < \text{duty cycle} < 8 \%$	Ricarica NON permessa
$8 \% \leq \text{duty cycle} < 10 \%$	6A
$10 \% \leq \text{duty cycle} \leq 85 \%$	Corrente disponibile = duty cycle x 0,6A
$85 \% < \text{duty cycle} \leq 96 \%$	Corrente disponibile = (duty cycle - 64) x 2,5A
$96 \% < \text{duty cycle} \leq 97 \%$	80A
duty cycle > 97 %	Ricarica NON permessa

CONTATTI PILOTA E DI PROSSIMITÀ – IDCM

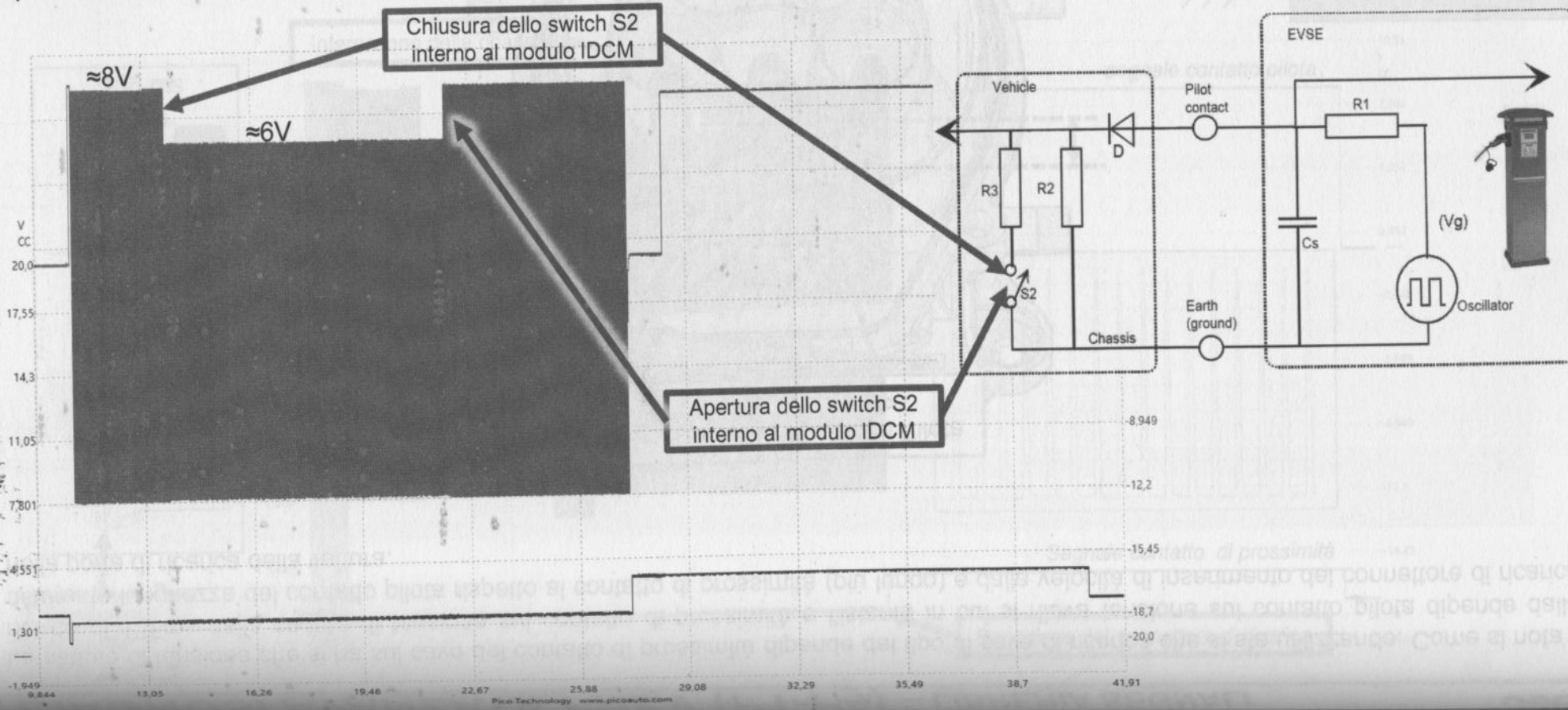
Ai pin 2 e 5 del connettore alta tensione del modulo IDCM collegato alla porta di ricarica della vettura, sono presenti rispettivamente i cavi del contatto di prossimità e del contatto pilota. Il grafico mostra l'evolversi dei segnali sui cavi del contatto di prossimità e del contatto pilota durante un ciclo di ricarica



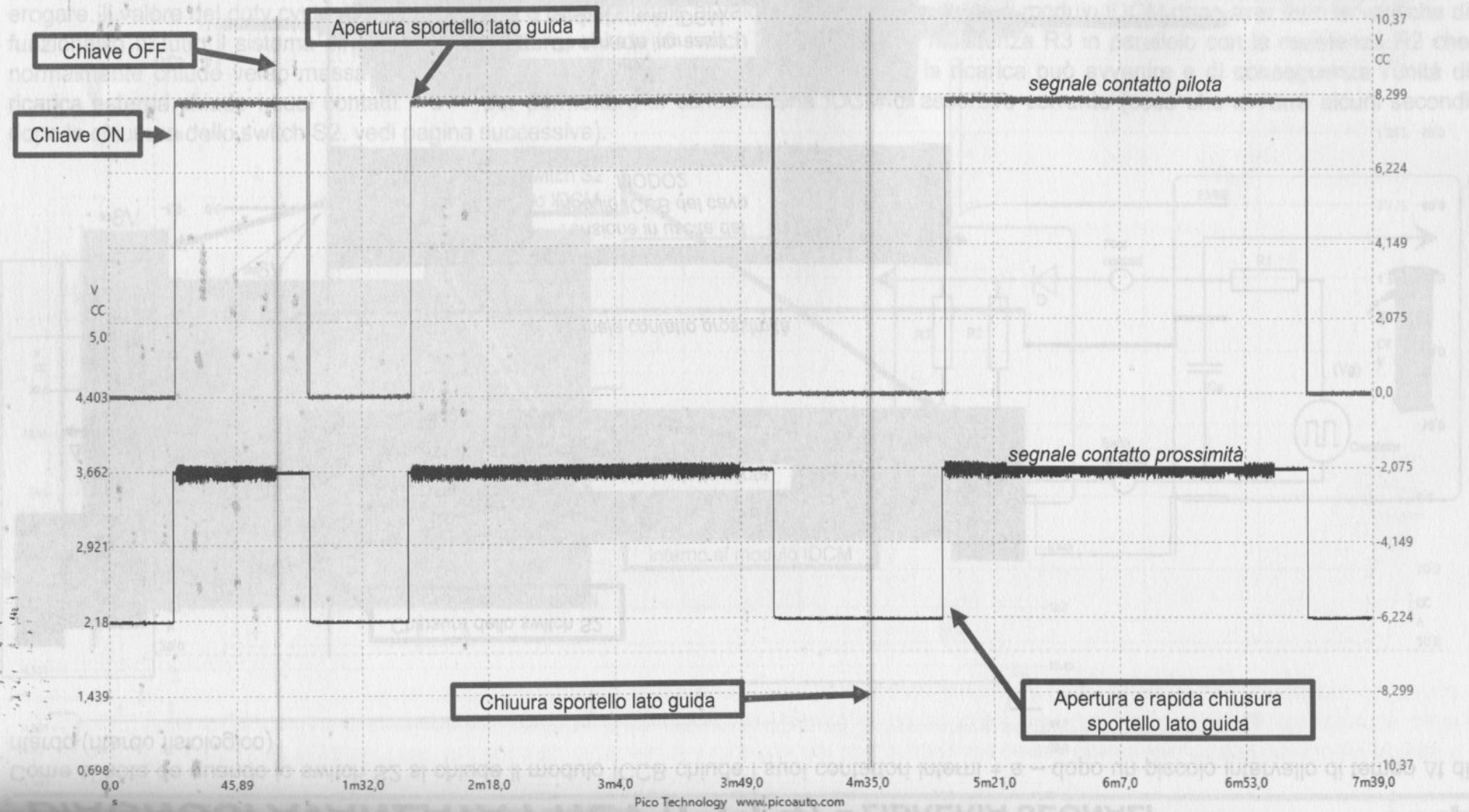
La caduta di tensione che si ha sul cavo del contatto di prossimità dipende dal tipo di cavo di ricarica che si sta utilizzando. Come si nota il ritardo di 135ms dalla caduta di tensione sul contatto di prossimità e l'istante in cui si rileva tensione sul contatto pilota dipende dalla differente lunghezza del contatto pilota rispetto al contatto di prossimità (più lungo) e dalla velocità di inserimento del connettore di ricarica nella porta di ricarica della vettura.



Il modulo IDCM rileva dalla caduta di tensione sul cavo del contatto di prossimità l'avvenuta introduzione di un connettore di ricarica. Successivamente ($\approx 80\text{ms}$ dopo), il modulo elettronico dell'unità di ricarica esterna inizia il colloquio in PWM con il modulo IDCM sulla linea del contatto pilota. L'unità di ricarica esterna comunica al modulo IDCM il valore della corrente limite che essa in **quel dato istante** può erogare. Il valore del duty cycle del segnale PWM è proporzionale al valore della corrente limite. Il modulo IDCM dopo aver fatto le verifiche di funzionalità di tutto il sistema di ricarica della vettura, chiude lo switch S2 che pone la resistenza R3 in parallelo con la resistenza R2 che normalmente chiude verso massa il circuito pilota. Quando ciò avviene vuol dire che la ricarica può avvenire e di conseguenza l'unità di ricarica esterna chiude i suoi contatti + e - per permettere al caricabatteria IDCM di assorbire corrente (cosa che avverrà alcuni secondi dopo la chiusura dello switch S2. vedi pagina successiva).

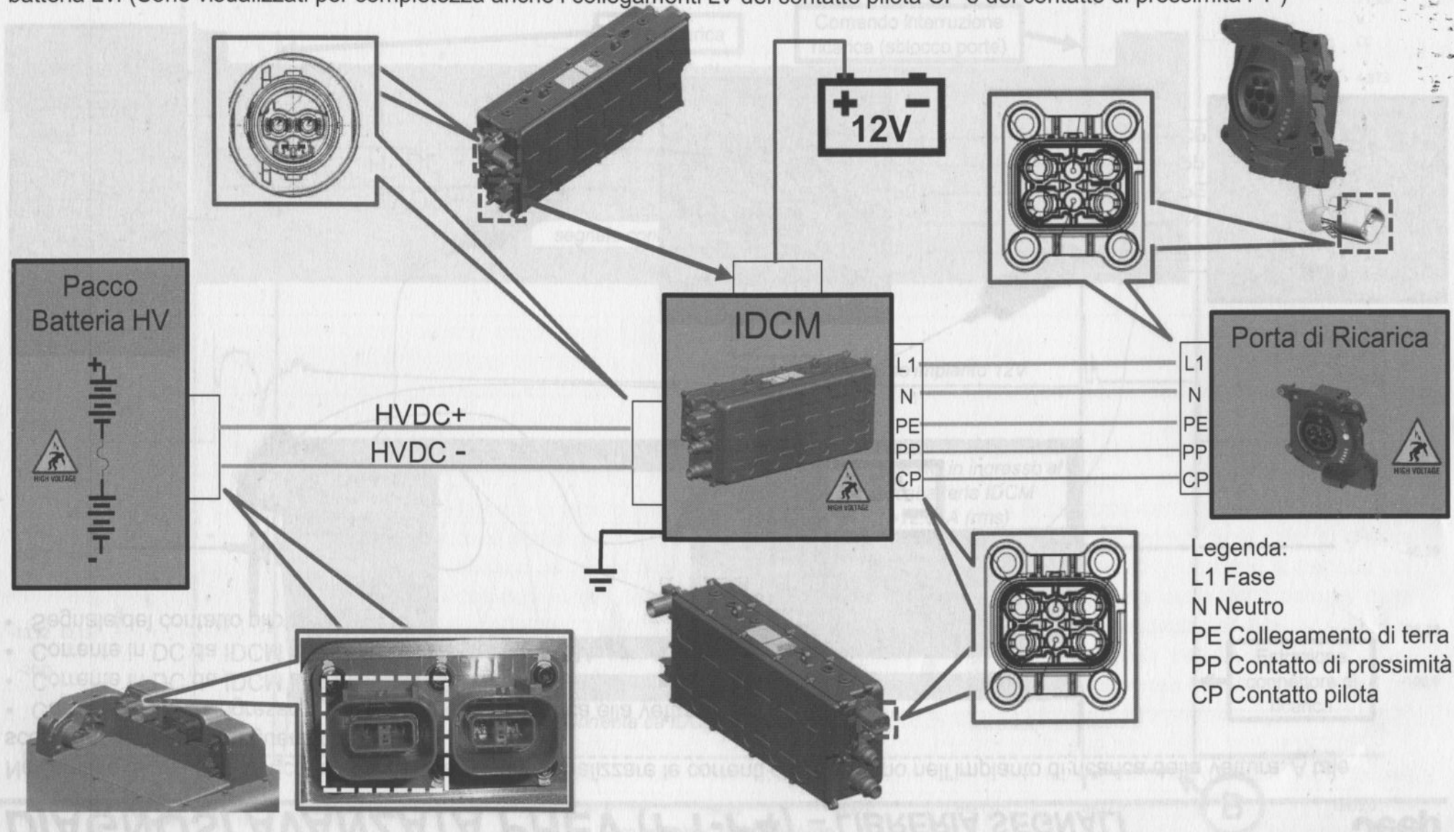


Il grafico sottostante mostra l'andamento dei valori di tensione dei segnali dei contatti pilota e prossimità in funzione degli eventi di «Chiave ON» e «Chiave Off» e di «Apertura sportello lato guida».



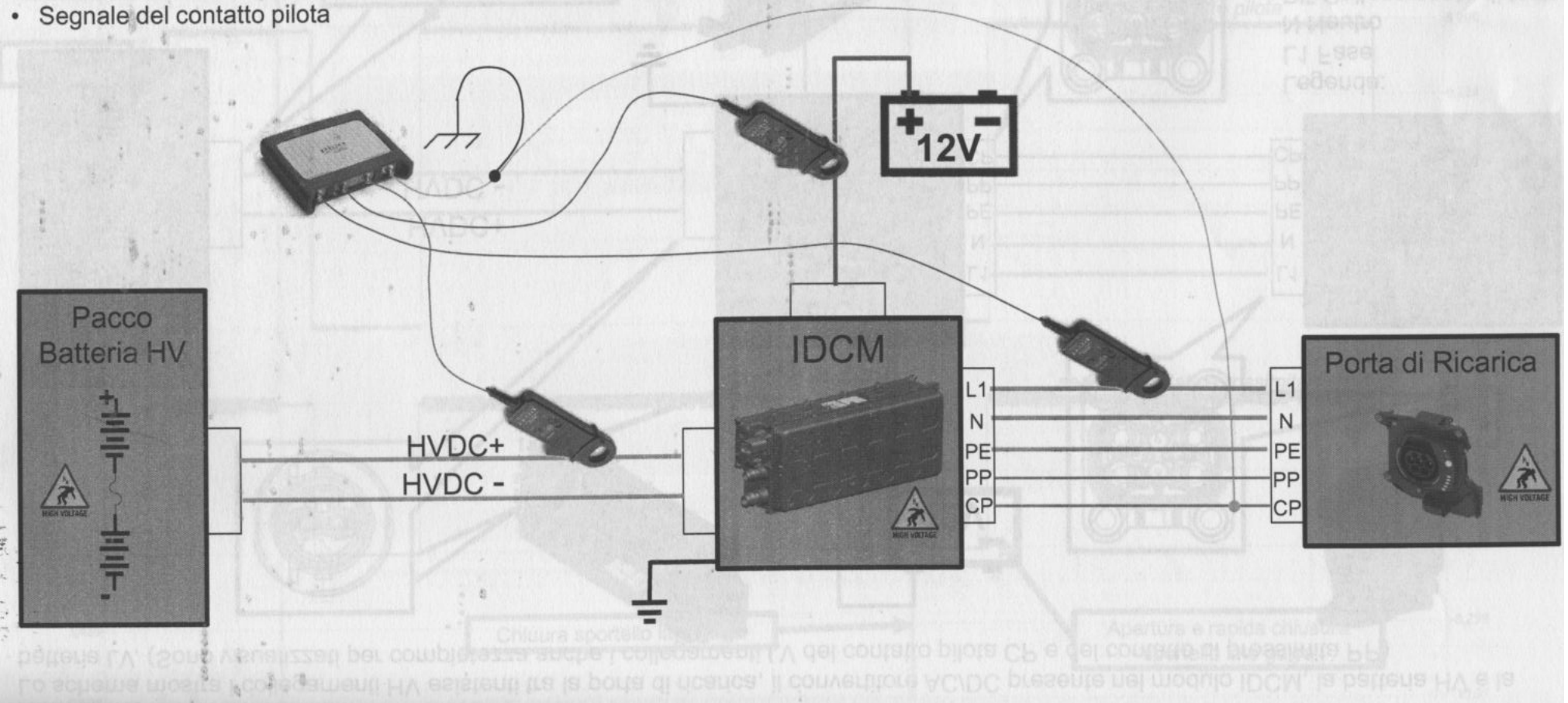
IMPIANTO DI RICARICA

Lo schema mostra i collegamenti HV esistenti tra la porta di ricarica, il convertitore AC/DC presente nel modulo IDCM, la batteria HV e la batteria LV. (Sono visualizzati per completezza anche i collegamenti LV del contatto pilota CP e del contatto di prossimità PP)

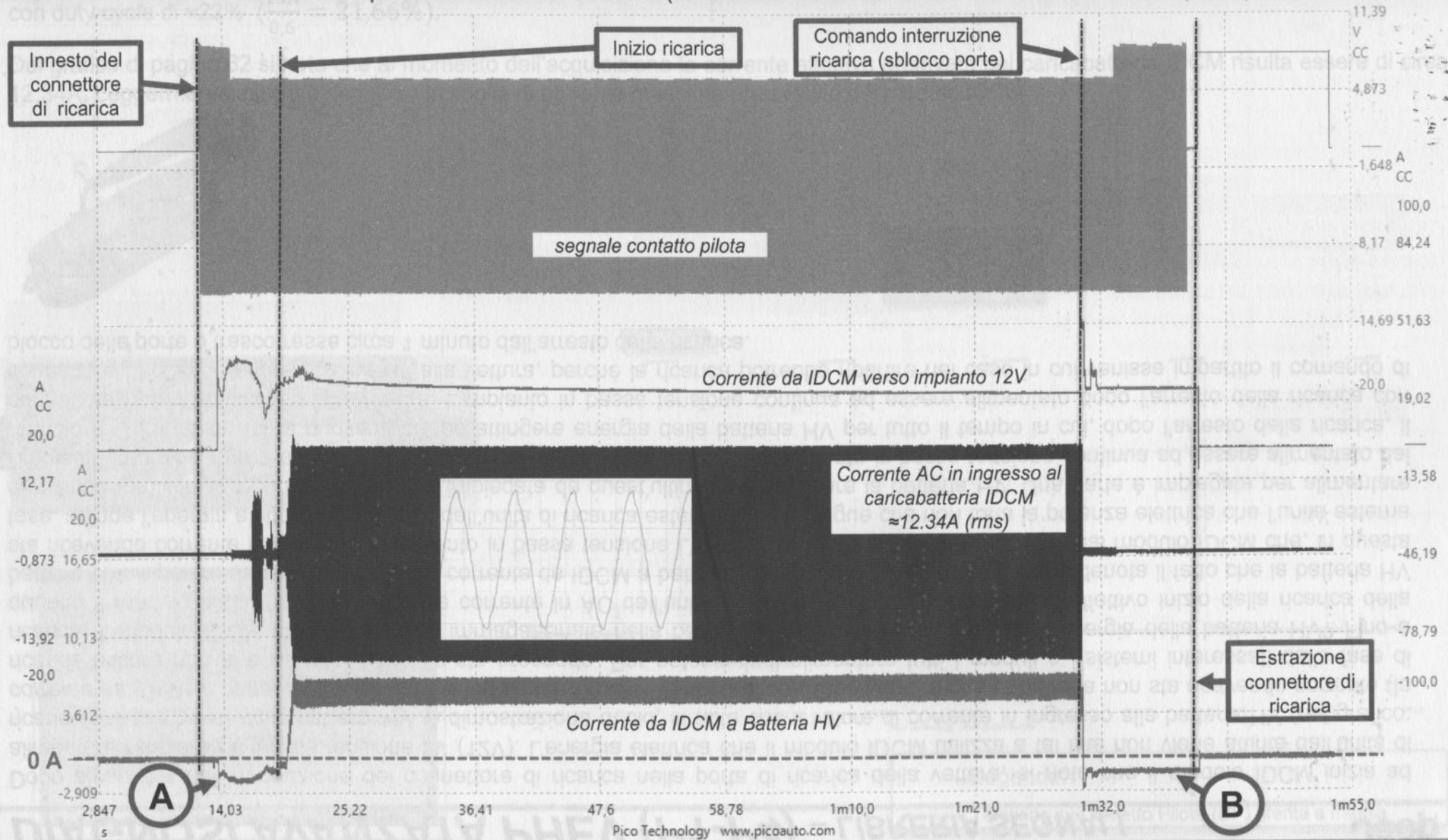


Nell'ambito di una fase di ricarica risulta interessante analizzare le correnti che circolano nell'impianto di ricarica della vettura. A tale scopo analizziamo le seguenti correnti:

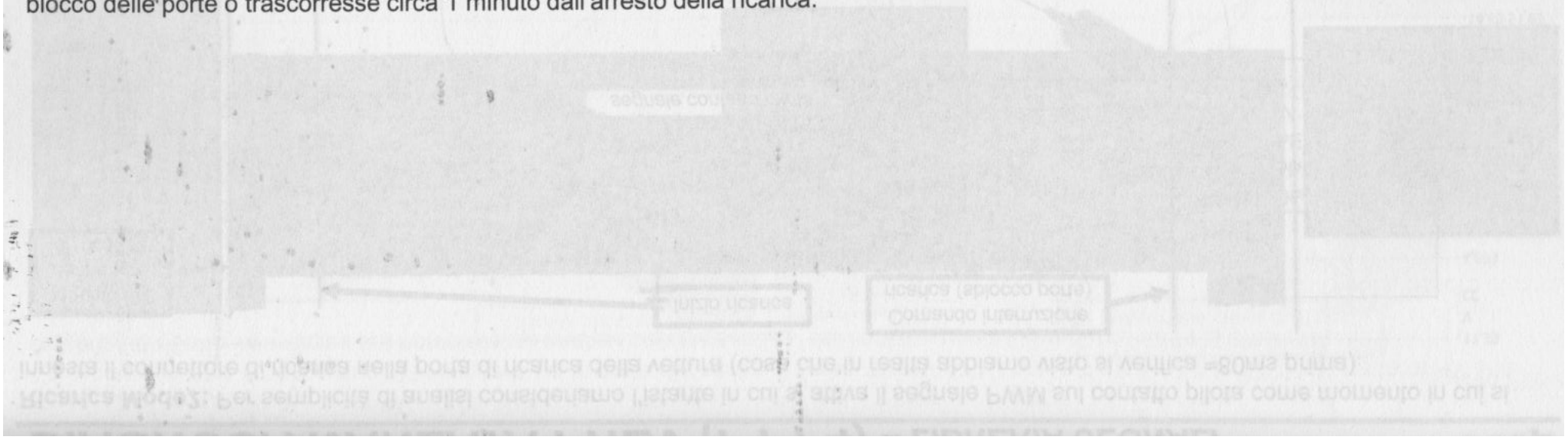
- Corrente in AC in ingresso a IDCM (da porta di ricarica alla vettura)
- Corrente in DC da IDCM a pacco batteria HV
- Corrente in DC da IDCM a impianto bassa tensione LV
- Segnale del contatto pilota



Ricarica Modo2: Per semplicità di analisi consideriamo l'istante in cui si attiva il segnale PWM sul contatto pilota come momento in cui si innesta il connettore di ricarica nella porta di ricarica della vettura (cosa che in realtà abbiamo visto si verifica $\approx 80\text{ms}$ prima).



Dopo alcuni ms dall'introduzione del connettore di ricarica nella porta di ricarica della vettura, si nota che il modulo IDCM inizia ad alimentare l'impianto in bassa tensione LV (12V). L'energia elettrica che il modulo IDCM utilizza a tal fine non viene attinta dall'unità di ricarica esterna bensì dalla batteria HV. A dimostrazione di ciò, si nota che il valore di corrente in ingresso alla batteria HV (nel grafico: *corrente da IDCM a batteria HV*) assume valori negativi (punto A nel grafico). Ciò vuol dire che la batteria non sta ricevendo corrente (la ricarica ancora non si è avviata) bensì la sta erogando. Per poter quindi alimentare tutti i moduli e i sistemi interessati dalla fase di ricarica, il modulo IDCM utilizza l'energia immagazzinata nella batteria HV. Fino a quando utilizza l'energia della batteria HV? Fino a quando il modulo IDCM inizia a prelevare corrente in AC dall'unità di ricarica esterna dando vita all'effettivo inizio della ricarica della batteria HV. A partire da questo istante, la corrente da IDCM a batteria HV assume valori positivi, il che denota il fatto che la batteria HV sta ricevendo corrente in ingresso. L'impianto in bassa tensione LV (12V) continua a ricevere corrente dal modulo IDCM che, in questa fase, attinge l'energia elettrica necessaria dall'unità di ricarica esterna. Ne consegue che non tutta la potenza elettrica che l'unità esterna di ricarica fornisce al modulo IDCM viene impiegata da quest'ultimo per ricaricare la batteria HV. Una parte è impiegata per alimentare l'impianto in bassa tensione LV (12V). Quando la ricarica viene interrotta, l'impianto in bassa tensione continua ad essere alimentato dal modulo IDCM il quale torna nuovamente ad attingere energia dalla batteria HV per tutto il tempo in cui, dopo l'arresto della ricarica, il connettore rimane connesso alla vettura. L'impianto in bassa tensione continua ad essere alimentato dopo l'arresto della ricarica con connettore di ricarica ancora connesso alla vettura, perché la ricarica potrebbe ripartire nel caso in cui venisse impartito il comando di blocco delle porte o trascorresse circa 1 minuto dall'arresto della ricarica.

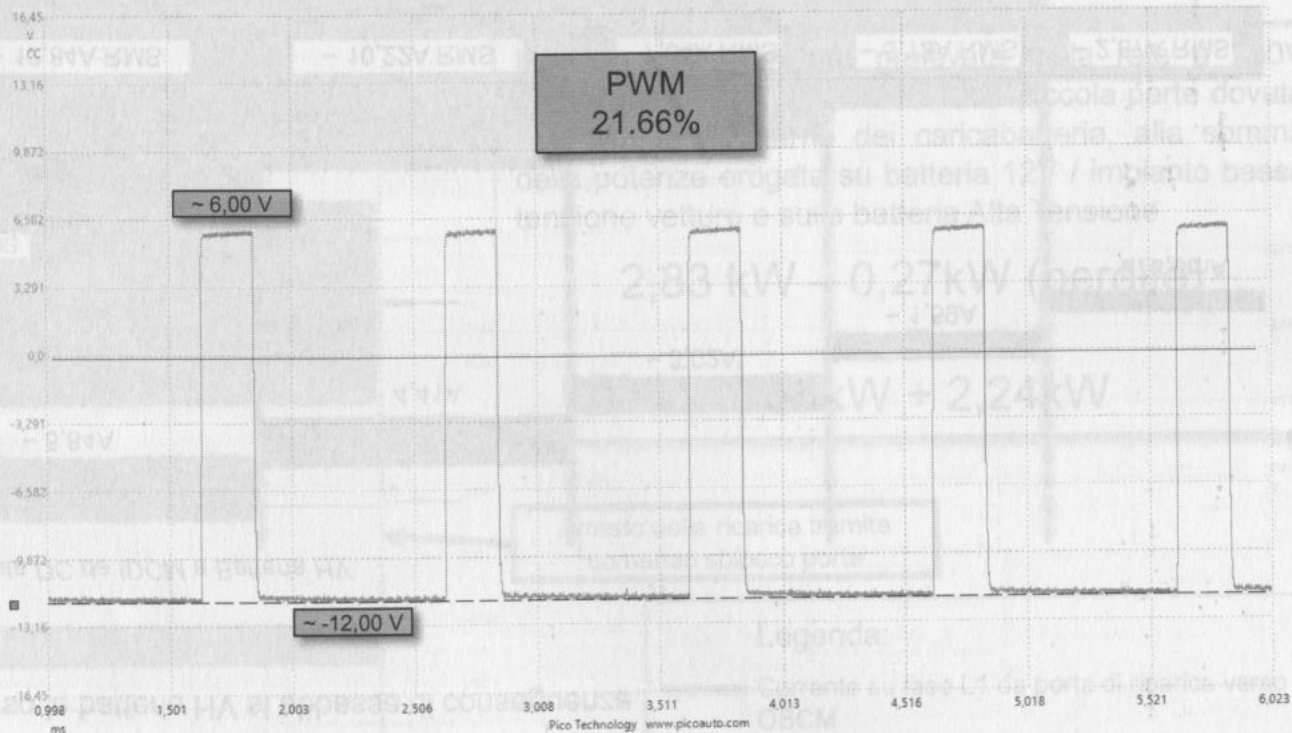


Sulla base del valore di corrente massima disponibile per la ricarica (13A - circa 3kW), il modulo elettronico del cavo utilizza un segnale PWM con duty cycle di $\approx 22\%$ ($\frac{13A}{0,6} = 21,66\%$).

Dal grafico di pagina 62 si nota che al momento dell'acquisizione la corrente effettiva prelevata dal caricabatteria IDCM risulta essere di circa 12,34A. Leggermente inferiore rispetto alla soglia di corrente massima prelevabile dal modulo ICCB



EU-GEN4.1-CHARGEORD F235
35344729 COUNTRY GROUP 1
46345793
13A / 230VAC
LLSE/LNSE SINGLE PHASE
004634579300F2350001605220
E346031

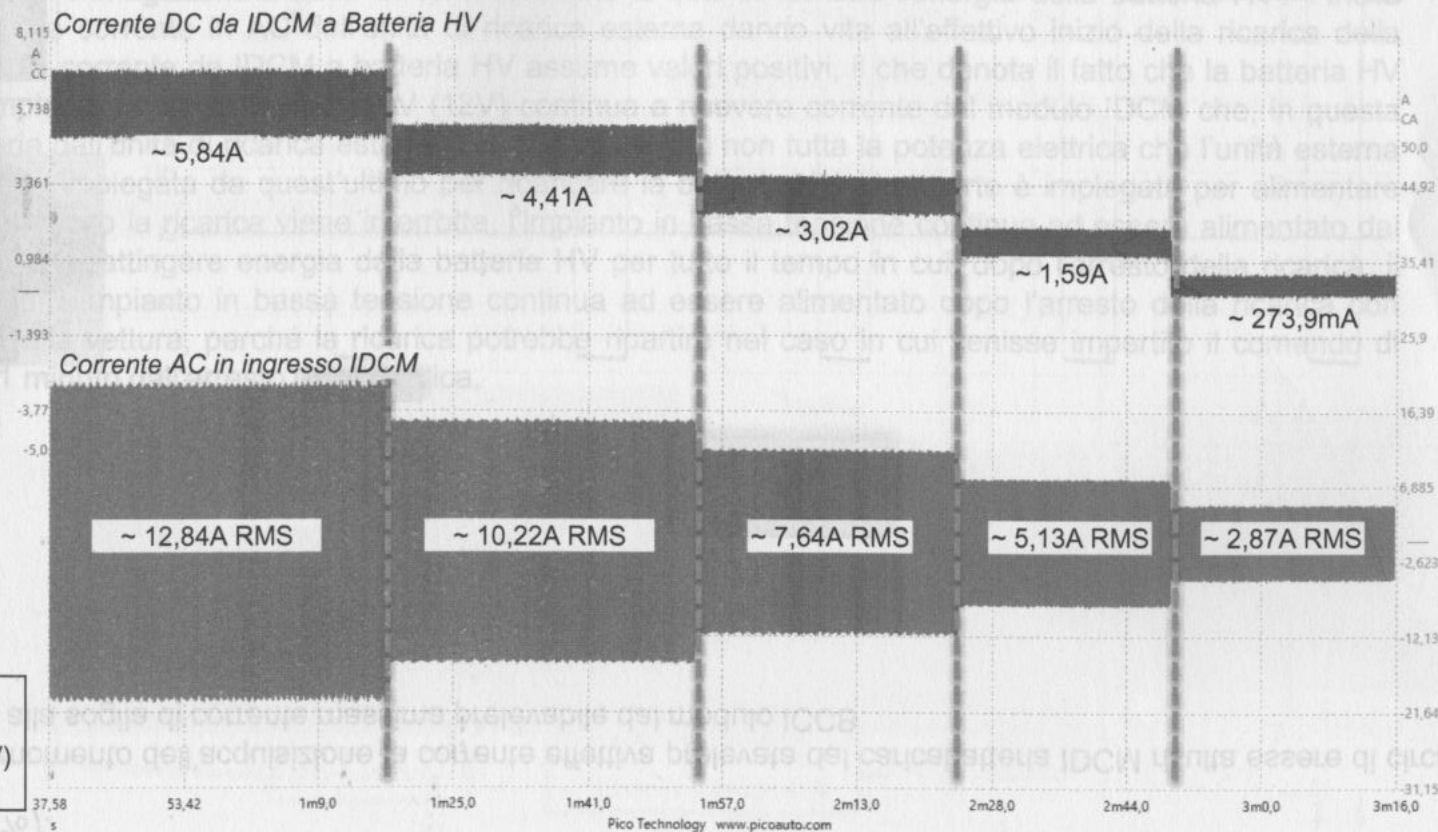
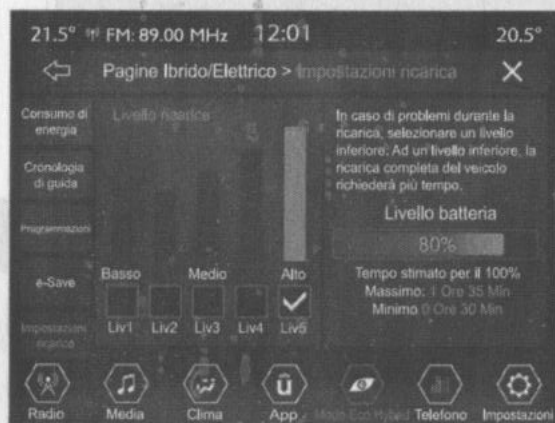


Legenda:

Tensione su Contatto Pilota (CP) riferita a massa

Indipendentemente dalla corrente erogabile da ICCB, se si seleziona sul display multimediale della vettura un «LIVELLO DI CARICA» diverso da 5 (al quale corrisponde la massima ricarica) la corrente di ricarica che IDCM eroga si riduce (come indicato nel grafico).

Di conseguenza la corrente che IDCM eroga verso la batteria HV si abbassa di conseguenza.

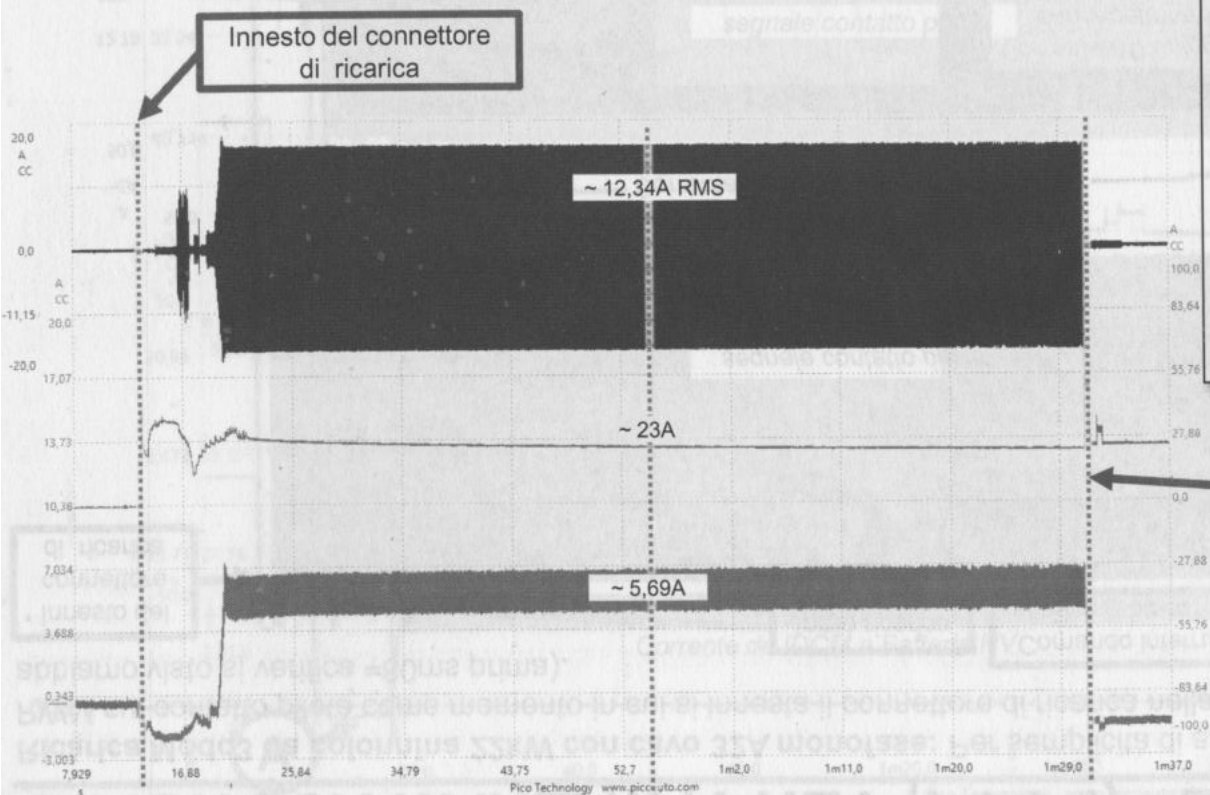


Legenda:

- Corrente in uscita IDCM (per batteria HV)
- Corrente in ingresso IDCM su fase L1

Al fine di analizzare il modo in cui il caricabatteria IDCM distribuisce la potenza di ricarica, possiamo prendere come riferimento per il calcolo i valori delle correnti in gioco circa a metà del periodo di acquisizione durante la fase di ricarica. Emerge quanto segue:

- Corrente in ingresso al caricabatteria IDCM pari a 13,068A che corrisponde a una potenza assorbita di circa $230 \times 12,34 \approx 2,83\text{kW}$
- Corrente erogata da caricabatteria IDCM verso batteria 12V e impianto bassa tensione vettura pari a $\approx 23\text{A}$ che corrisponde a una potenza erogata su vettura di circa $23\text{A} \times 13,8\text{V} \approx 0,317\text{ kW}$
- Corrente erogata da caricabatteria IDCM verso batteria Alta Tensione pari a $\approx 5,69\text{A}$ che corrisponde a una potenza assorbita da batteria Alta Tensione di circa $5,69\text{A} \times 395\text{V} = 2,24\text{kW}$



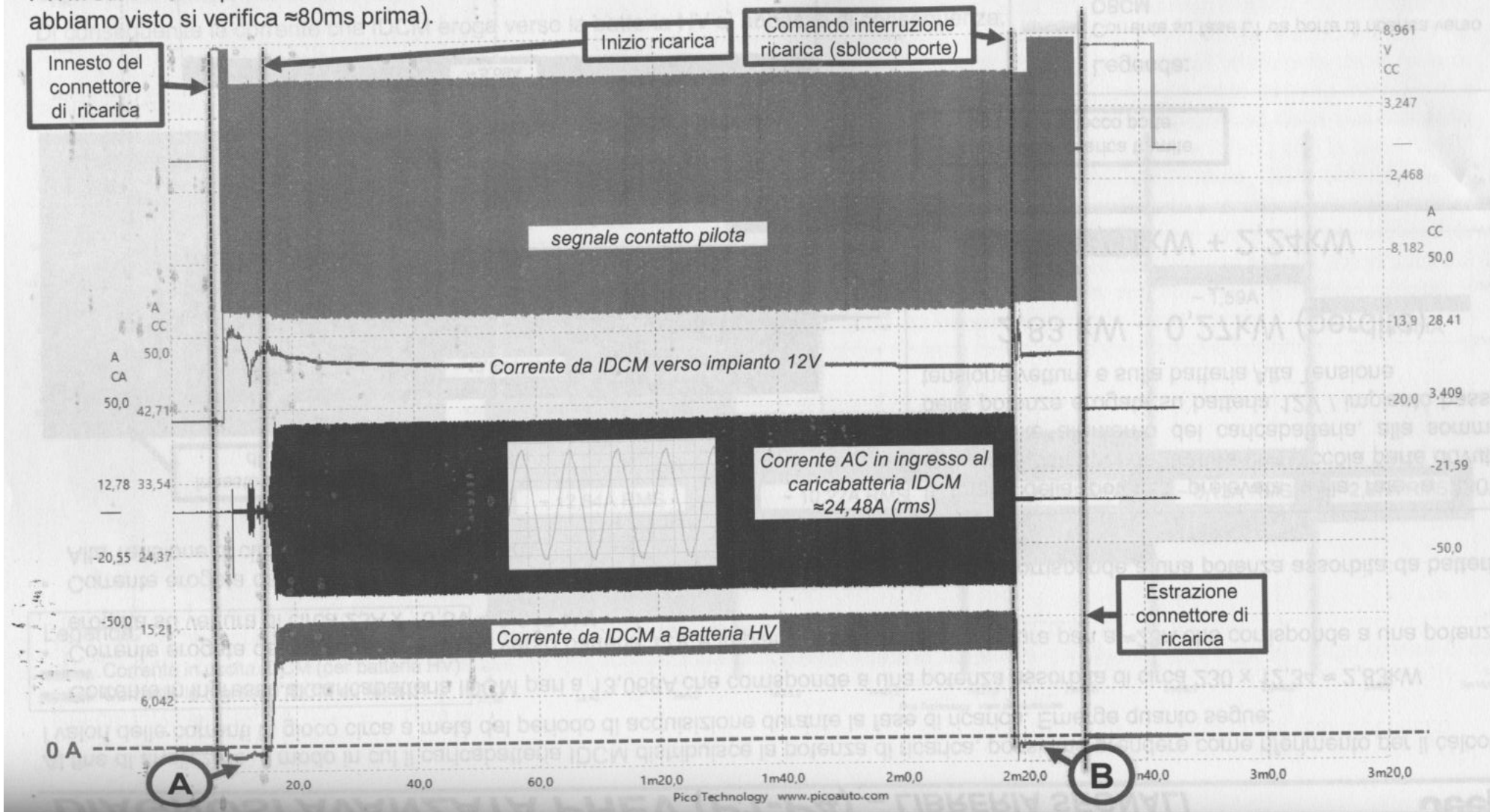
Il totale della potenza prelevata dalla rete a 230V monofase corrisponde, tranne una piccola parte dovuta alle perdite all'interno dei caricabatteria, alla somma delle potenze erogata su batteria 12V / impianto bassa tensione vetture e sulla batteria Alta Tensione

$$2,83\text{ kW} - 0,27\text{kW (perdite)} = 0,31\text{kW} + 2,24\text{kW}$$

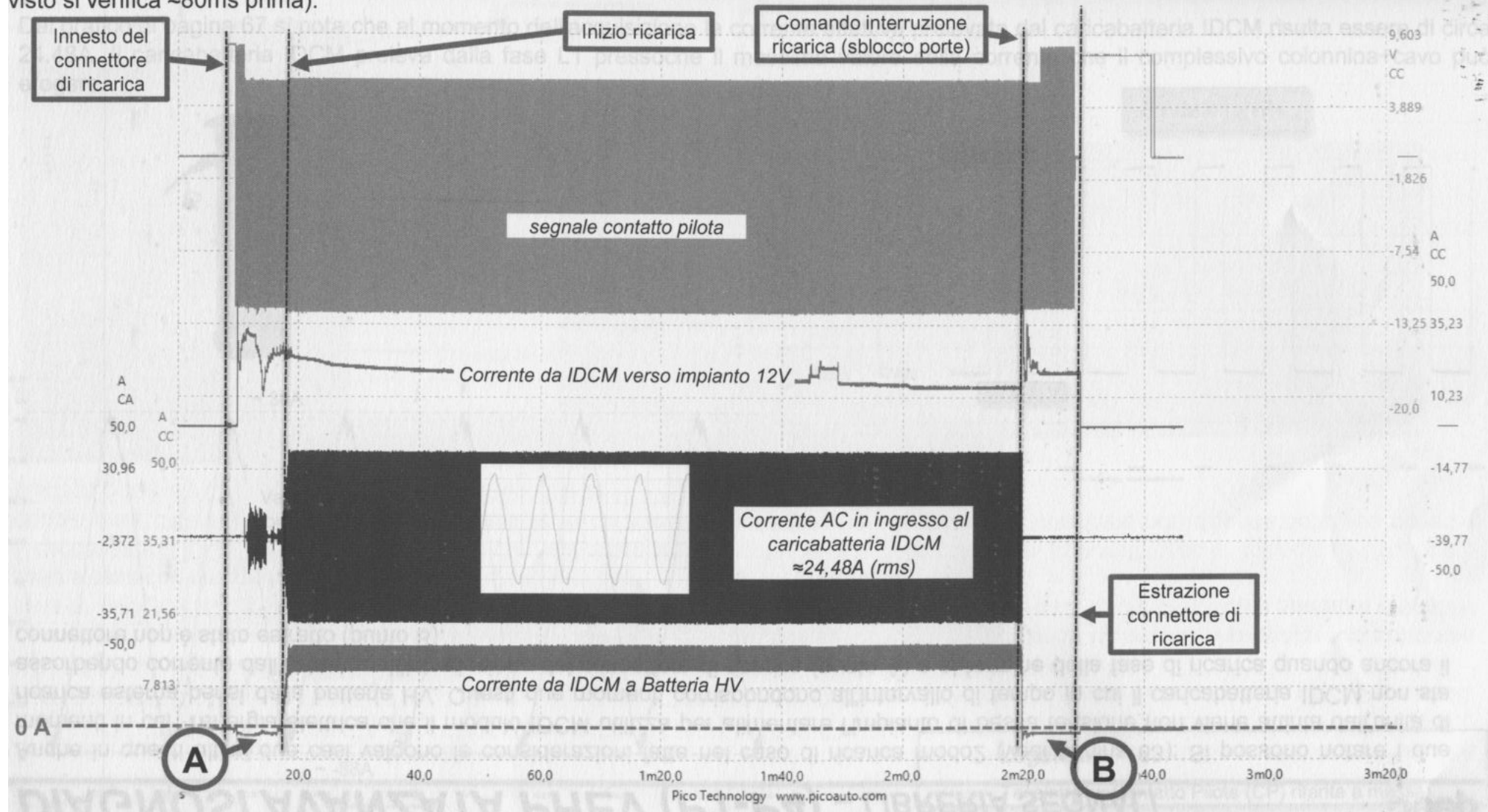
Arresto della ricarica tramite comando sblocco porte

- Legenda:
- Corrente su fase L1 da porta di ricarica verso OBCM
 - Corrente da caricabatteria APM verso batteria 12V e impianto bassa tensione vettura
 - Corrente da caricabatteria OBCM verso batteria Alta Tensione

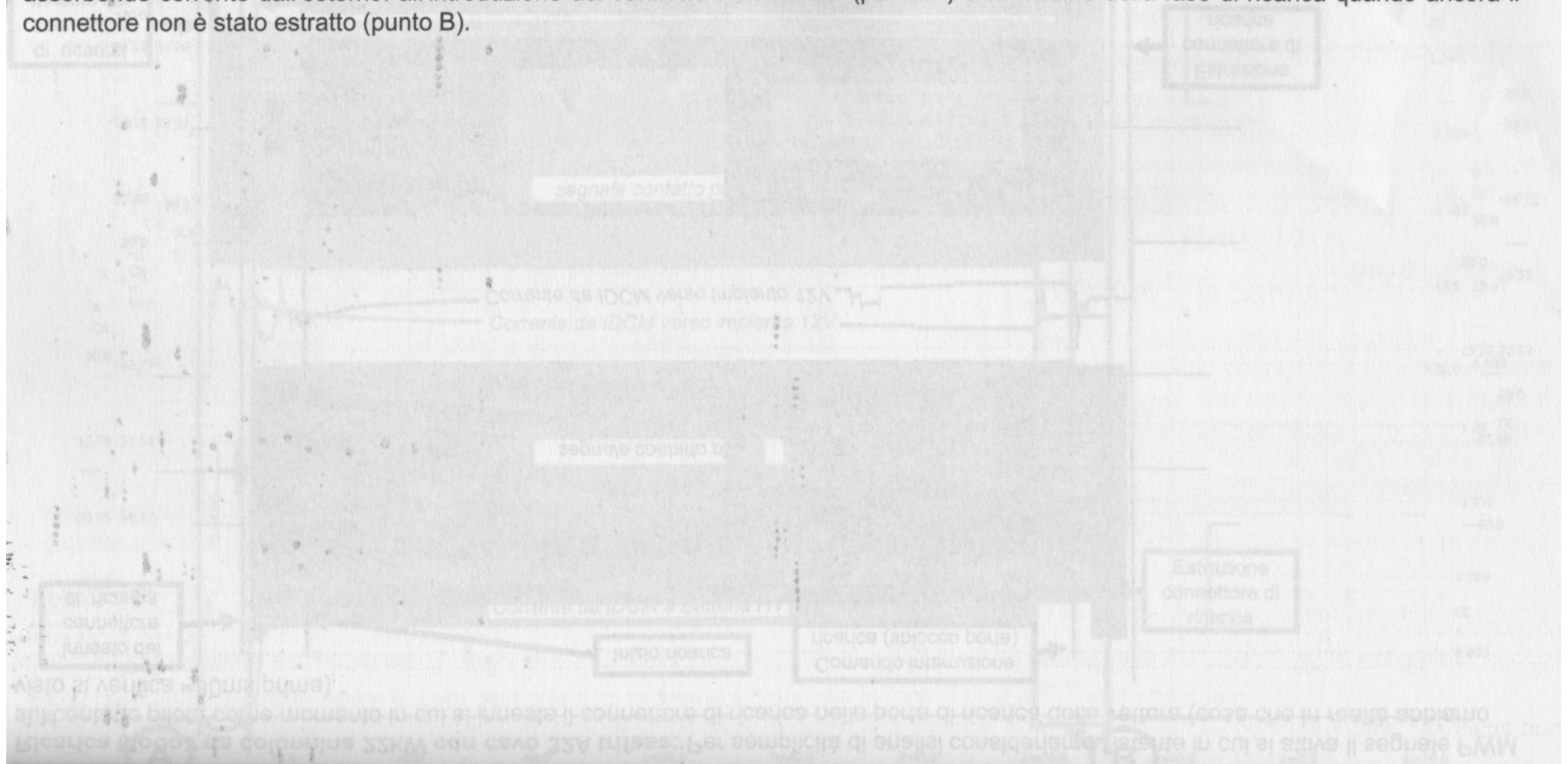
Ricarica Modo3 da colonnina 22kW con cavo 32A monofase: Per semplicità di analisi consideriamo l'istante in cui si attiva il segnale PWM sul contatto pilota come momento in cui si innesta il connettore di ricarica nella porta di ricarica della vettura (cosa che in realtà abbiamo visto si verifica $\approx 80\text{ms}$ prima).



Ricarica Modo3 da colonnina 22kW con cavo 32A trifase: Per semplicità di analisi consideriamo l'istante in cui si attiva il segnale PWM sul contatto pilota come momento in cui si innesta il connettore di ricarica nella porta di ricarica della vettura (cosa che in realtà abbiamo visto si verifica $\approx 80\text{ms}$ prima).

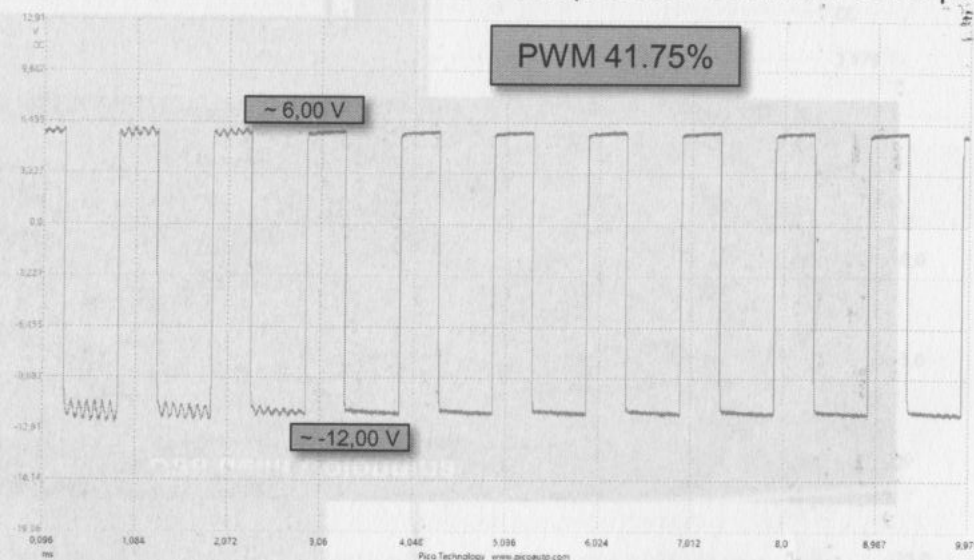
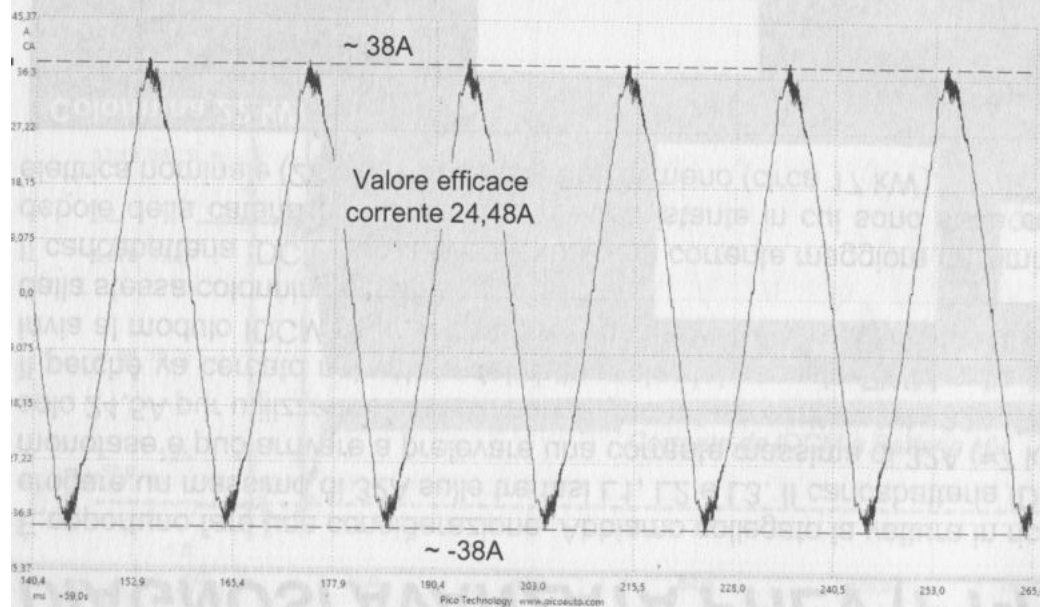


Anche in questi ultimi due casi valgono le considerazioni fatte nel caso di ricarica modo2 (vedi pagina 63): Si possono notare i due momenti in cui l'energia elettrica che il modulo IDCM utilizza per alimentare l'impianto di bassa tensione non viene attinta dall'unità di ricarica esterna bensì dalla batteria HV. Questi due momenti corrispondono all'intervallo di tempo in cui il caricabatteria IDCM non sta assorbendo corrente dall'esterno: all'introduzione del connettore di ricarica (punto A) e al termine della fase di ricarica quando ancora il connettore non è stato estratto (punto B).



Sulla base dell'acquisizione del segnale PWM sul contatto pilota si rileva un valore del duty cycle effettivo di $\approx 41.75\%$ a cui corrisponde una corrente limite erogabile dalla colonnina di $\approx 25\text{A}$ ($I = 41,75 \times 0,6 = 25,05\text{A}$)

Dal grafico di pagina 67 si nota che al momento dell'acquisizione la corrente effettiva prelevata dal caricabatteria IDCM risulta essere di circa 24.48A. Il caricabatteria IDCM preleva dalla fase L1 pressochè il massimo valore della corrente che il complessivo colonnina+cavo può erogare.



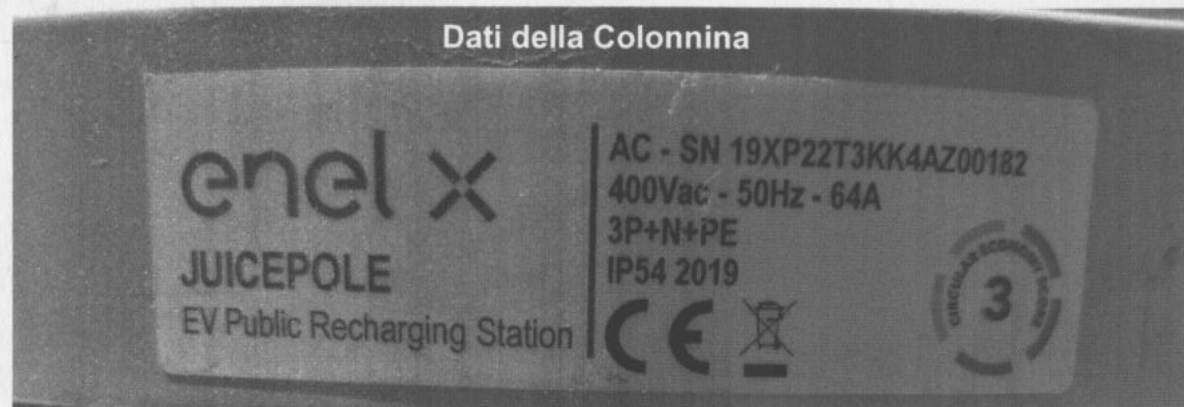
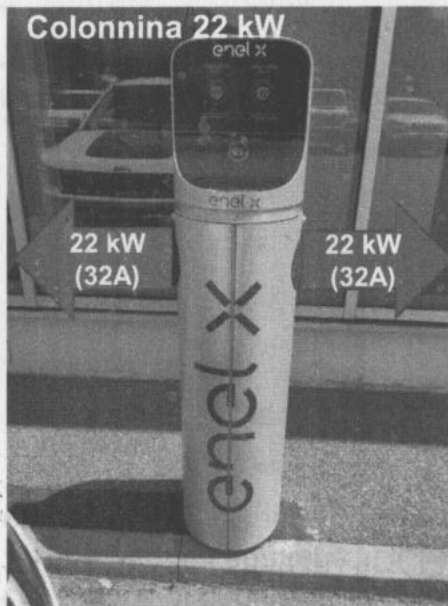
Legenda:

— Tensione su Contatto Pilota (CP) riferita a massa

È opportuno fare una considerazione. Abbiamo collegato la vettura in ricarica ad una colonnina da 22 kW. Questo tipo di colonnina potrebbe erogare un massimo di 32A sulle tre fasi L1, L2 e L3. Il caricabatteria IDCM della vettura preleva corrente solo dalla fase L1 essendo di tipo monofase e può arrivare a prelevare una corrente massima di 32A (≈ 7 kW). Dai grafici delle acquisizioni si rileva che esso assorbe in media solo 24,5A pur utilizzando cavi di ricarica (monofase e trifase) da 32A. Perché?

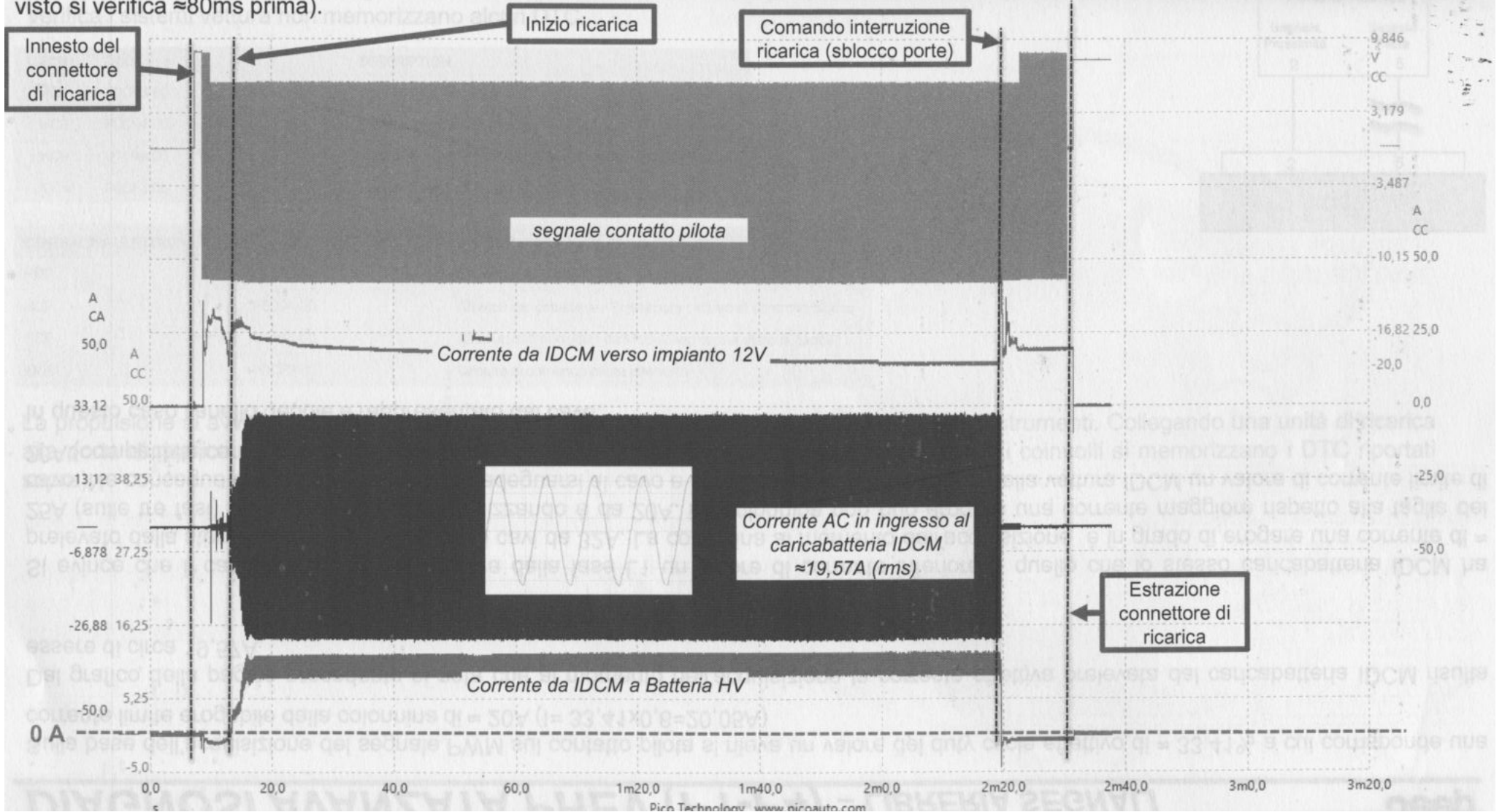
Il perché va cercato nel valore del duty cycle del segnale PWM sulla linea del contatto pilota: l'unità elettronica che gestisce la colonnina invia al modulo IDCM della vettura un segnale PWM con duty cycle di $\approx 41.75\%$ che corrisponde a un valore di corrente massima erogabile dalla stessa colonnina di $\approx 25A$.

Il caricabatteria IDCM non può prelevare una corrente maggiore del limite indicato dalla colonnina. In questo caso la colonnina è l'anello più debole della catena di ricarica. Nel preciso istante in cui sono state eseguite le acquisizioni la colonnina non dispone della sua potenza elettrica nominale (22 kW) ma ne dispone di meno (circa 17 kW).



Se quando è sono state eseguite le acquisizioni la colonnina avesse potuto erogare la sua potenza nominale di 22 kW (32A per ogni lato lato di ricarica), avremmo sicuramente rilevato un duty cycle del segnale PWM sulla linea del contatto pilota di $\approx 52\%$ ($52 \times 0,6 \approx 32A$) e un valore efficace della corrente prelevata dal caricabatteria IDCM prossima a 32A.

Ricarica Modo3 da colonnina 22kW con cavo 20A trifase: Per semplicità di analisi consideriamo l'istante in cui si attiva il segnale PWM sul contatto pilota come momento in cui si innesta il connettore di ricarica nella porta di ricarica della vettura (cosa che in realtà abbiamo visto si verifica $\approx 80\text{ms}$ prima).



Sulla base dell'acquisizione del segnale PWM sul contatto pilota si rileva un valore del duty cycle effettivo di $\approx 33.41\%$ a cui corrisponde una corrente limite erogabile dalla colonnina di $\approx 20A$ ($I = 33,41 \times 0,6 = 20,05A$)

Dal grafico della pagina precedente si nota che al momento dell'acquisizione la corrente effettiva prelevata dal caricabatteria IDCM risulta essere di circa 19,57A.

Si evince che il caricabatteria IDCM preleva dalla fase L1 un valore di corrente inferiore a quello che lo stesso caricabatteria IDCM ha prelevato dalla stessa colonnina utilizzando i cavi da 32A. La colonnina al momento dell'acquisizione è in grado di erogare una corrente di $\approx 25A$ (sulle tre fasi) ma il cavo che si sta utilizzando è da 20A. La colonnina non può erogare una corrente maggiore rispetto alla taglia del cavo. Ne consegue che essa è costretta ad adeguarsi al cavo e comunicare al caricabatteria della vettura IDCM un valore di corrente limite di 20A (compatibile con la portata del cavo).

In questo caso l'anello debole è rappresentato dal cavo.

