



Ricerca di Sistema elettrico

Norme tecniche e giuridiche per la sicurezza dei sistemi di accumulo sodio e Li-ione

Cinzia Di Bari

NORME TECNICHE E GIURIDICHE PER LA SICUREZZA DEI SISTEMI DI ACCUMULO SODIO E LI-IONE

Cinzia Di Bari (ENEA)

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2017

Area: Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica

Progetto: Sistemi di accumulo di energia per il sistema elettrico

Obiettivo: c.2 sviluppo di procedure di prova in grado di prevedere e valutare le situazioni di degrado e/o rischio legati all'uso ed al riuso delle batterie

Responsabile del Progetto: Pier Paolo Prosini, ENEA

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 ATTIVITÀ SVOLTE.....	6
3 CONCLUSIONI.....	9
4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	10

Sommario

Le attività sulle norme tecniche sono iniziate lo scorso anno (PAR 2016) attraverso l'acquisto o il reperimento di numerose norme che riguardavano i sistemi di accumulo elettrochimico e la mobilità elettrica, con particolare riferimento alle strutture di ricarica. Le norme raccolte sono state elencate, mettendo in evidenza quelle acquistate e lasciando quelle che, per motivi economici, non è stato possibile acquisire e che comunque si ritiene siano di interesse. È stata effettuata una prima suddivisione per argomento e sono stati prodotti due rapporti tecnici: uno riguardante i sistemi di accumulo elettrochimico in generale e l'altro più specifico per la mobilità elettrica. Gli obiettivi, in entrambi i casi, erano quelli di mettere in evidenza come il mondo della normazione si interessasse alla prevenzione dei rischi connessi alla gestione dei sistemi di accumulo elettrochimico a base di litio e a base di sodio, in diverse tipologie di utilizzi.

1 Introduzione

Nel 1991, Sony ha immesso sul mercato le prime batterie agli ioni litio [1], nel formato 18650 (cilindriche di diametro 18 mm e altezza 65 mm) destinati all'uso nella cosiddetta 'elettronica di consumo'[2] (telefonia cellulare, computer portatili, utensili per uso domestico e professionale, sigarette elettroniche, giochi per bambini, ecc.) imponendone uno sviluppo sempre maggiore e una richiesta crescente per altri comparti di interesse strategico: l'accumulo stazionario dell'energia prodotta con fonti alternative al petrolio e ai combustibili fossili e i veicoli elettrici (EV). Tutto il ciclo di vita di queste tecnologie ha reso necessario lo sviluppo di specifiche norme tecniche (standards) e giuridiche (regulations), tuttora in corso di implementazione. Lentamente sono stati approfonditi e resi pubblici i pericoli connessi al loro impiego, enfatizzati – tra l'altro – dalla diffusione di notizie di eventi incidentali impreveduti e di difficile gestione che, ad oggi, costituiscono una vera e propria casistica. Incendi ed esplosioni hanno interessato: computer portatili [3]; telefoni cellulari [4]; veicoli elettrici: automobili [5] e biciclette [6, 7]; incidenti aerei [8, 9, 10, 11]. Provocando, tra l'altro, clamorosi danni alle aziende produttrici (ad esempio: Apple ha dovuto ritirare le batterie dalla produzione dei PowerBook 5300 [12]; CPSC e la Global Motors hanno ritirato dal mercato 2000 batterie dalle loro biciclette elettriche [13]).

Nell'ambito del PAR 2016 è stato deciso di effettuare una indagine conoscitiva sulle norme tecniche e giuridiche applicabili alle nuove tecnologie di accumulo elettrochimico, con particolare riferimento alle tecnologie Litio-ione e alla gestione della loro sicurezza. È stata effettuata una prima suddivisione per argomento e sono stati prodotti due rapporti tecnici: uno riguardante i sistemi di accumulo elettrochimico in generale [14] e l'altro più specifico per la mobilità elettrica [15]. A tal fine sono stati esaminati i seguenti ambiti: standard di sicurezza e tolleranza all'abuso; materiali innovativi (nanotecnologie); sicurezza ed affidabilità di componenti e sistemi (BMS e componentistica elettronica); trasporto, secondo le diverse modalità; interventi di emergenza; test calorimetrici e di calorimetria del fuoco. Lo studio è proseguito affrontando la gestione della sicurezza dei veicoli elettrici durante il loro funzionamento, la sosta e la ricarica. Sono stati perciò redatti due rapporti tecnici: il primo riguarda gli accumulatori elettrochimici e il loro uso stazionario, inclusa l'elettronica di consumo; il secondo dedicato alla sicurezza dei veicoli elettrici. È stato redatto un primo elenco di norme tecniche suddivise per argomenti ed enti di normazione; attraverso alcuni servizi di abbonamento messi a disposizione dall'ENEA, sono state acquisite le norme CEI e ASTM; è stata effettuata la gara per la fornitura di norme ISO, IEC, UL, SAE e alcune altre.

Le norme sono state raccolte in Allegato (Allegato 1 al Report RdS/PAR2016/168), dove sono state evidenziate quelle acquistate (arancione); ogni tabella è organizzata con le voci seguenti (da perfezionare): Settore, Argomento, Ente Normatore, Numero, Edizione, Data Pubblicazione, Stato, Classificazione Tc, Titolo, Sommario o Note, Lingua. Le Tabelle sono presentate in 6 capitoli e riguardano: Batterie e accumulatori ricaricabili (ESS) per Uso stazionario, EV, pannelli fotovoltaici (PVES) ed elettronica di consumo; ESS: installazione, fine vita, gestione, gestione degli incidenti: gestione incidenti occorsi a veicoli elettrici; sicurezza ed affidabilità di componenti elettrici, elettronici e BMS; locali batteria (autorimesse ed officine); marcatura; nanomateriali per la realizzazione di celle elettrochimiche; metodi e apparecchiature di prova: test incendio ed esplosione, tecniche analitiche e tecniche calorimetriche.

Come più volte sottolineato, l'esame delle norme tecniche, tolte quelle specifiche dei sistemi di accumulo al sodio (attualmente in corso di elaborazione), presentano una radice comune e, poi, alcune specializzazioni come messo in evidenza nella Figura 1.

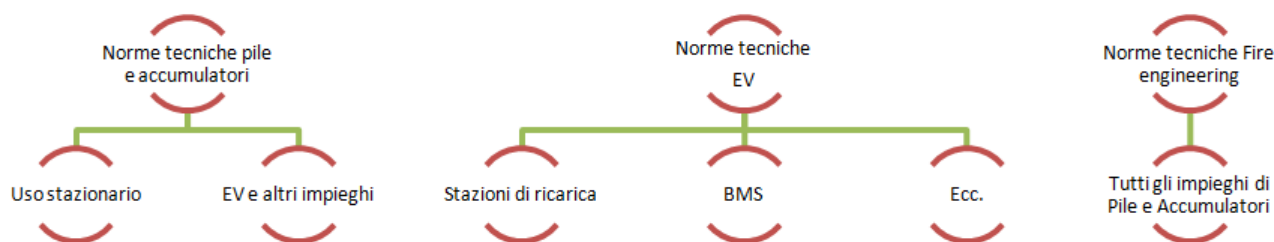


Figura 1. Grafico che riporta l'esame delle norme tecniche. Le norme presentano una radice comune e danno origine ad alcune specializzazioni.

Nel corso di questa annualità, era prevista un'analisi critica delle norme selezionate che facesse seguito ad una migliore suddivisione per argomento delle norme acquisite. L'analisi riguardava, tra gli altri, i seguenti argomenti:

- marcatura e riconoscibilità dei sistemi di accumulo litio ione
- norme specifiche per le prestazioni dei sistemi di accumulo litio ione
- norme specifiche per la prevenzione dei rischi dei sistemi di accumulo litio ione
- norme specifiche per la prevenzione dei rischi nella mobilità elettrica
- individuazione dei test di abuso
- norme specifiche per le prove di caratterizzazione del fuoco

Sono state svolte le seguenti attività:

1. re impostazione del data base normativo;
2. verifica dello stato di emanazione delle norme che fino a settembre 2017 risultavano in lavorazione;
3. aggiunta di una sintesi della norma che contenesse indicazioni sulle sue finalità specifiche;
4. stampa di tutte le norme acquisite e informatizzazione di quelle disponibili sono in cartaceo, ai fini di una migliore gestione dello studio;
5. organizzazione cronologica degli stampati;
6. raccolta di informazioni sulle norme in corso di predisposizione a livello ECE-ONU sulla sicurezza dei veicoli elettrici;
7. primi approfondimenti sulle norme riguardanti la marcatura e riconoscibilità dei sistemi di accumulo litio ione per applicazioni portatili e fotovoltaiche.

2 Attività svolte

Entrando un poco più nel dettaglio delle attività svolte, si presenta una sintesi dei risultati.

Le norme sono state raccolte in sei cartelle (Figura 2) ed è stato elaborato il file Excel abbozzato lo scorso anno ed ordinato nei fogli di lavoro indicati in Figura 3. Nella sezione "TS e norme altri" sono state inserite specifiche tecniche e norme messe a punto da enti sui quali non ci si è troppo soffermati, ma non di minore importanza (Tabella 1). Si rileva che rispetto agli enti normatori più noti, ci si deve in realtà confrontare con un ambito di normazione estremamente ampio con il quale, è davvero complesso ed economicamente non sostenibile confrontarsi.

- DB IEC
- Altre norme
- DB Norme ASTM
- DB ISO
- DB NORME CEI
- DB SAE

Figura 2. Elenco delle cartelle nelle quali sono state raccolte le norme.

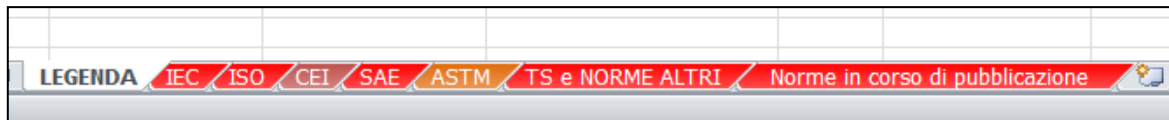


Figura 3. Fogli di lavoro del file Excel riportante le norme.

Tabella 1. Elenco di altre norme presenti nella sezione “TS e norme altri”.

QCT (Cina)	JIS (Giappone)	BS (UK)	NHTSA
UN (UNECE)	IEEE (USA)	INERIS ELLICERT - Francia	FM Global
UL (USA)	DOE (US Department of Energy)	U.S. Department of Transportation - Federal Aviation Administration	

È stata realizzata una legenda dei colori adottati nel testo (Figura 4) e sono state inserite tre “chiavi” di classificazione (Tabella 2). Nello specifico, le “chiavi” hanno le seguenti funzioni: Key 1, di carattere basilare e che ci consente di verificare se riguardano strettamente le batterie litio-ione o altri settori di interesse primario; Key 2, cerca di individuare il macro settore cui la norma espressamente si riferisce; Key 3, è una ulteriore chiave di specificazione che si è ritenuto necessario inserire. Le norme stampate sono state raccolte in appositi contenitori (Figura 5) e nel corso dell’organizzazione del materiale è stato possibile dare una scorsa alla loro organizzazione al fine di comprendere correttamente le finalità della norma e attribuire le “chiavi” più adatte. In Figura 6 e in Figura 7 si fornisce un esempio della organizzazione del data-base.

	pubblicata			
	Regulation = norma giuridica o atto normativo o atto non normativo			
	disponibile in pdf			
	disponibile in cartaceo			
	non disponibile			
	Preview gratuita (contiene indice)			

Figura 4. Legenda dei colori adottati per definire le norme in elenco.

Tabella 2. Chiavi (Key 1,2 e 3) e voci di classificazione utilizzate nel corso dell’organizzazione del materiale.

Key 1	Key 2	Key 3
Ente normatore		
Numero		
Edizione/Ultima revisione		
Data o data prevista per la pubblicazione		
Stato		
Classificazione TC		
Titolo		
Sommario		
Lingua		
Descrittori		



Figura 5. Faldoni all’interno dei quali sono state raccolte le norme tecniche.

Come anticipato in premessa, da una prima revisione del materiale normativo, si verifica che norme tecniche specifiche per i sistemi al sodio ad alta temperatura sono in corso di elaborazione a livello IEC. È possibile che a questa tipologia di sistemi di accumulo si possono anche applicare le norme che riguardano “Altri accumulatori”, cosa che è ancora in corso di verifica.

Key 1	Key 2	Key 3	File Number	Number	Edition	Date of the	State	Classification	Title	Summary	Language	Document
Microelettronica	Moduli elettronici	Dispositivi di sistema	EC	60959-21	1	1995003	suppresso	TC:05	Dispositivi di sistema	This part of EC 60959-21 specifies the electronic circuit requirements for conductive connections in an a.c. or d.c. supply for a.c. voltages according to EC 60959-21 and for d.c. voltages up to 1500 V when the electronic circuit is connected to the supply network.	EN-IT	
Microelettronica	Altri	Moduli di sistema	EC	60959-22	1	1995003	in vigore	TC:05/TC:26	Secondary cells and batteries containing all other non-aqueous electrolytes / Secondary cells	Specifies tests and requirements for sealed nickel-cadmium secondary rechargeable single cells.	EN-IT	
Microelettronica	Moduli elettronici	Dispositivi di sistema	EC	60959-10	1	1995003	in vigore	TC:21	Stationary lead-acid batteries - Part 10: General requirements and methods of tests	This part of EC 60959-10 applies to lead-acid cells and batteries which are designed to be permanently connected to the grid and for the d.c. power supply. Batteries designed for applications are called "stationary batteries".	EN-IT	
Microelettronica	Moduli elettronici	Dispositivi di sistema	EC	60959-11	1	1995004	in vigore	TC:21	Stationary lead-acid batteries - Part 11: Value-regulated types	This part of EC 60959-11 applies to all stationary lead-acid cells and batteries (batteries of the value-regulated type for four charge applications) in a permanently connected to the grid and for the d.c. power supply. It is particularly intended to be used for applications in which the stationary equipment is installed in a place where the user is not present, such as UPS, cells including emergency power or other applications.	EN-IT	Series 1 (Energy efficiency) (Series 1a)
Microelettronica	Moduli elettronici	Dispositivi di sistema	EC	60959-12	1	1995004	in vigore	TC:21	Stationary lead-acid batteries - Part 12: Value-regulated types	This part of EC 60959-12 applies to all stationary lead-acid cells and batteries (batteries of the value-regulated type for four charge applications) in a permanently connected to the grid and for the d.c. power supply. It is particularly intended to be used for applications in which the stationary equipment is installed in a place where the user is not present, such as UPS, cells including emergency power or other applications. This part of EC 60959-12 specifies the methods of tests for safety and construction of value-regulated types.	EN-IT	
Microelettronica	Moduli elettronici	Dispositivi di sistema	EC	60959-13	1	1995004	in vigore	TC:21	Stationary lead-acid batteries - Part 13: Value-regulated types	This part of EC 60959-13 applies to all stationary lead-acid cells and batteries (batteries of the value-regulated type for four charge applications) in a permanently connected to the grid and for the d.c. power supply. It is particularly intended to be used for applications in which the stationary equipment is installed in a place where the user is not present, such as UPS, cells including emergency power or other applications. This part of EC 60959-13 specifies the methods of tests for safety and construction of value-regulated types.	EN-IT	
Microelettronica	Moduli elettronici	Dispositivi di sistema	EC	60959-14	1	1995005	in vigore	TC:21	Lead-acid batteries - Part 14: General requirements and methods of tests	This part of EC 60959-14 applies to lead-acid batteries used as power sources for electric propulsion. The tests defined are relevant to all other battery applications which include road vehicles, locomotives, industrial trucks and machines at ports.	EN-IT	
Supercondensatori	Moduli elettronici	Dispositivi di sistema	EC	62076	1	1995005	in vigore	TC:05	EC 62076: Electric double-layer capacitors for use in hybrid electric vehicles / Test methods for electrical characteristics	EC 62076:2005 describes the methods for testing electrical characteristics of electric double-layer capacitors. Cells have also been used to be used to yield power to emergency hybrid electric vehicles.	EN-IT	
Moduli di sistema	Applicazioni industriali	Dispositivi di sistema	EC	61500-1	1	1994006	in vigore	TC:05/TC:04	Functional safety of electronic systems for programmable electronic systems - Part 2: Requirements for electronic systems for programmable electronic systems	EC 61500-2:2005 applies to safety-related systems, as defined in EC 61500-1, in which the electronic system is programmable electronic system.	EN-IT	standard
Moduli di sistema	Applicazioni industriali	Dispositivi di sistema	EC	61500-1	1	1994006	in vigore	TC:05/TC:04	Functional safety of electronic systems for programmable electronic systems - Part 2: Requirements for electronic systems for programmable electronic systems	EC 61500-2:2005 applies to safety-related systems, as defined in EC 61500-1, in which the electronic system is programmable electronic system. EC 61500-2:2005 contains the requirements for the development of products and applications in which the functional safety of the system is essential.	EN-IT	standard

Figura 6. Esempio della organizzazione del data-base. Nella prima riga si notano le "chiavi", e le altre indicazioni per l'individuazione della norma tecnica.

3 Conclusioni

Il primo elenco di norme tecniche suddivise per argomenti ed enti di normazione preparato nel PAR 2016 è stato ulteriormente aggiornato. Il materiale è stato inoltre opportunamente organizzato e analizzato criticamente, con gli obiettivi di: completare la stesura di procedure di prova, verificare l'adeguatezza e la coerenza della normativa vigente ai fini della prevenzione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente. In futuro si prospetta di analizzare il materiale raccolto e di confermare le parole chiave utilizzate per la classificazione degli *item*. Si ritiene indispensabile, inoltre, aggiungere una sezione riguardante le norme giuridiche, presenti e in corso di sviluppo, almeno a livello europeo/nazionale e negli USA.

4 Riferimenti bibliografici

1. Lithium ion rechargeable batteries technical handbook. Sony Corporation. [⟨https://www.4project.co.il/documents/doc_286_2661.pdf⟩](https://www.4project.co.il/documents/doc_286_2661.pdf).
2. Lowe M, Tokuoka S, Trigg T, Gereffi G. “Lithium-ion batteries for electric vehicles: the US value chain”. Centre on Globalization, Governance & Competitiveness Duke University; 2010
3. Levy SC, Bro P. Battery hazards and accident prevention. New York and London: Plenum Press; 1994.
4. Mikolajczak MK C, White K, Long RT. Lithium-ion batteries hazard and use assessment. Menlo Park, CA: Exponent Failure Analysis Associates, Inc, Springer; 2011 .
5. Smith B. Chevrolet volt battery incident overview report, 2012th ed.. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA); 2012. [⟨http://www.nhtsa.gov/staticfiles/nvs/pdf/Final_Reports.pdf⟩](http://www.nhtsa.gov/staticfiles/nvs/pdf/Final_Reports.pdf) .
6. On-site electric vehicle fire investigation. US Department of Transportation –National Highway Traffic Safety Administration; 2013.
7. Boeing 787 battery fire. National Transportation Safety Board (NTSB) Accident Investigations; 2013. [⟨http://www.nts.gov/investigations/pages/boeing_787.aspx⟩](http://www.nts.gov/investigations/pages/boeing_787.aspx) .
8. Hazardous materials accident reports. National Transportation Safety Board. [⟨http://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Pages/hazardous.aspx⟩](http://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Pages/hazardous.aspx) .
9. Lithium battery fire risk linked to Dubai plane crash. The National; 2010. [⟨http://www.thenational.ae/news/uae-news/lithium-battery-fire-risk-linked-to-dubaiplane-crash⟩](http://www.thenational.ae/news/uae-news/lithium-battery-fire-risk-linked-to-dubaiplane-crash) .
10. Air accident investigation report: uncontained cargo fire leading to loss of control inflight and uncontrolled descent into terrain. General Civil Aviation Authority of the United Arab Emirates; 2010. [⟨https://www.gcaa.gov.ae/en/ePublication/admin/iradmin/Lists/Incidents%20Investigation%20Reports/Attachments/40/2010-2010%20-%20Final%20Report%20-%20Boeing%20747-44AF%20-%20N571UP%20-%20Report%2013%202010.pdf⟩](https://www.gcaa.gov.ae/en/ePublication/admin/iradmin/Lists/Incidents%20Investigation%20Reports/Attachments/40/2010-2010%20-%20Final%20Report%20-%20Boeing%20747-44AF%20-%20N571UP%20-%20Report%2013%202010.pdf) .
12. Apple says product shortage will hurt quarterly earnings: computers: company unable to keep up with consumer demand. It also is recalling new PC because of fire concern. Times, Los Angeles; 1995. [⟨http://articles.latimes.com/1995-09-15/business/fi-46242_1_many-apple-computers⟩](http://articles.latimes.com/1995-09-15/business/fi-46242_1_many-apple-computers) .
13. CPSC and EV Global Motors Co . Announce recall of lithium batteries in electric bikes. United States: Consumer Product Safety Commission; 2002. [⟨https://www.cpsc.gov/Recalls/2002/CPSC-and-EV-Global-Motors-Co-Announce-Recall-of-Lithium-Batteries-in-Electric-Bikes-⟩](https://www.cpsc.gov/Recalls/2002/CPSC-and-EV-Global-Motors-Co-Announce-Recall-of-Lithium-Batteries-in-Electric-Bikes-/)
14. C. Di Bari, S. Constà, G. Marconi, P. Russo, P. Papillo: “Norme tecniche applicabili ai sistemi di accumulo stazionario realizzati con celle litio-ione e sodio: analisi critica e valutazione della rispondenza alle necessità di indagine ai fini della sicurezza. Report RdS/PAR2016/168
15. C. Di Bari, S. Constà, G. Marconi, P. Russo, P. Papillo: “Norme tecniche per elettromobilità e sicurezza”. Report RdS/PAR2016/243