

Dette resumé er publiceret i det elektroniske tidsskrift

Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet

(Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

www.trafikdage.dk/artikelarkiv



Uafhængig Batteri-Diagnose af Elektriske Køretøjer

Lasse Stenhøj Kofod, lste@teknologisk.dk

Kjeld Nørregaard, kjn@teknologisk.dk

Teknologisk Institut, Kongsvang Allé 29, 8000 Århus

Abstrakt

Det EUDP støttede forsknings- og udviklingsprojekt *Adaptive Battery Diagnostic Tools for Lifetime Assessment of EV batteries, projekt nr. 64015-0611*, (forkortet BATNOSTIC), har resulteret i en ny banebrydende metode til at diagnosticere degraderingen af batteriet i en elbil ved at måle direkte på batteripakken igennem bilens hurtigladerstik. En metode, som giver viden om tilgængelig kapacitet for batteriet og batteriets tilstand i forhold til bilens alder og kilometertal. Diagnosemetoden består af en multidimensionel analysemodel, der sammenholder laboratorietestede battericeller med værkstedstestede køretøjer og på denne baggrund beregner batteriets elektrokemiske slid. Metoden er så vidt vides, den eneste af sin art, som tester direkte på batteripakken, uden nødvendig information fra bilens interne computer. Testen kan derfor tilbydes som et uvildigt alternativ til bilproducenternes egne testmetoder. Et alternativ som i dag efterspørges hos autoværksteder og servicecentre.

Baggrund og Formål

Prissætningen af konventionelle biler baserer sig på et kendskab til slid i motoren og de øvrige mekaniske dele. Et hurtigt kig på kilometertælleren, giver ofte en god vurdering af, hvor brugt bilen er, da det mekaniske slid kun forekommer ved kørsel. Elbilens indtog på markedet giver dog udfordringer med at anskue prissætningen på samme måde. En traditionel forbrændingsmotor har over 200 bevægelige dele og til sammenligning kan antallet af bevægelige dele i en elbil i nogle tilfælde blot tælles på to hænder. En ny komponent med stor betydning for elbilens prissætning blev derimod introduceret; Lithium-Ion batteriet.

En stor værdi-faktor for elbil-ejere er den rækkevidde, som det er muligt at køre på en fuld opladning af batteriet. Falder denne rækkevidde, som følge af degradering af batteriet, falder værdien for elbilen ligeledes. I fagsprog henviser man til batteriets State-of-Health (SoH) som et procentmæssigt forhold mellem batteriets nuværende kapacitet og dets oprindelige kapacitet, der angives i enten Ah eller kWh. Li-ion batteriet er under stor bevågenhed i både udviklings- og forskningsssammenhænge. De elektrokemiske egenskaber bliver flittigt testet og undersøgt af forskere i laboratorier verden over, men bliver kun i begrænset omfang testet og afprøvet udenfor laboratorier dvs. på vejene i elbiler. Laboratorietest viser, at Li-Ion batterier degraderes både når de bruges og når de ikke bruges. En elbil bliver dermed slidt, også selvom den holder stille i garagen.

Oplysninger om batteriets SoH bliver i nogle elbiler ikke oplyst direkte til ejeren i bilens display. Da må man omkring et autoværksted eller servicecenter, for at få disse oplysninger hevet ud af bilens interne computer igennem bilens On-Board Diagnostic stik (OBD), der bl.a. får data fra bilens Batteri Management System (BMS). Servicecentre som Applus+ og medlemsorganisationer som FDM meddeler dog, at de ønsker en alternativ, uvildig testmetode af et elbilbatteri. Udlæsningen af data fra OBD-stikket er styret fra bilproducentens side, og kan i nogle tilfælde være manipuleret til at vise det bedste billede af bilens tilstand. En uvildig testmetode er derfor et stort ønske hos disse organisationer.

Det danske forsknings- og udviklingsprojekt *Adaptive Battery Diagnostic Tools for Lifetime Assessment of EV batteries (BATNOSTIC)*, støttet af EUDP, har testet batterier både på elbiler og i laboratoriet, og har efter 3 år frembragt en ny banebrydende metode til at diagnosticere batteriets SoH i en elbil udenom OBD-stikket og bilens interne computer. Denne diagnosemetode går ud på at foretage en hurtig-opladning af elbilen, og ud fra de målte strømme og spændinger beregne sig frem til batteriets SoH.

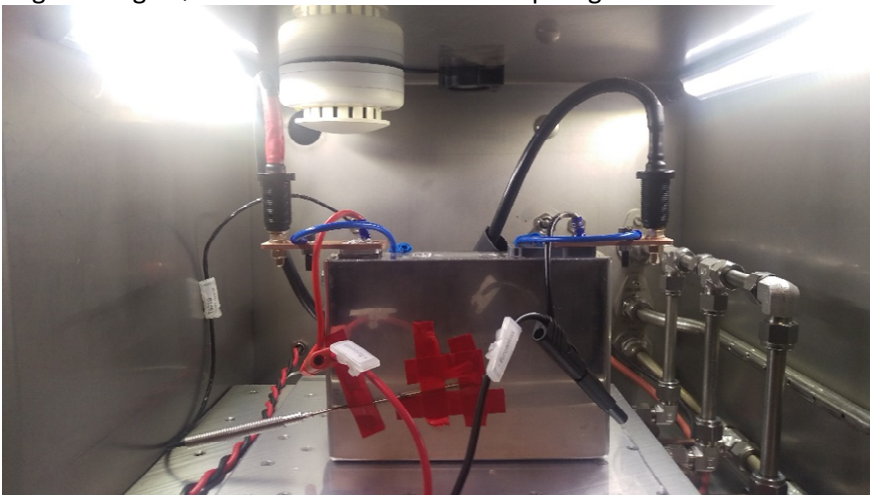
Dette udvidede resumé vil redegøre for BATNOSTIC projektets metoder og resultater som en orientering om en uafhængig praktisk-anvendelig batteridiagnose til elbiler. Indlægget omhandler både problematikker og løsninger i omstillingen til at arbejde med elbiler, hvorfor indlægget vurderes at ligge indenfor emnet *Trafikkens energi-, klima- og miljøforhold. Elektrisk transport – fordele og ulemper*.

Metoder

Batteripakken i elbiler, består af mange enkelte serie- og parallelkoblede battericeller. I BATNOSTIC projektet er der både testet på hele batteripakken ved at teste direkte på elbilen, samt foretaget laboratorietest af battericeller. Ved at kende til degraderingsmønstret på celler testet i kontrollerede forhold i et laboratorium, kan man ved at finde dette mønster i en test på en elbil, anslå elbilens SoH som uddybet i [1].

Cellestest

To typer celledest er anvendt igennem hele projekforløbet; kalender-degradering og cyklisk-degradering. De to typer af tests har til hensigt at teste degraderingen af batterikapaciteten hhv. over tid ved opmagasinering (uden at blive anvendt), samt op- og afladning ved forskellige C-rater (påtrykt lade strøm i forhold til batteriets angivne Ah). Da li-ion batteriers elektrokemiske egenskaber er følsomme overfor temperaturer, er battericellerne testet ved forskellige temperaturer for yderligere at kunne anskueliggøre degraderingsmønstrene af cellerne som vist på Figur 1.



Figur 1 Test af battericelle i klimaskab – Foto: Aalborg Universitet

Køretøjstest

Første trin i testproceduren for elbiler med BATNOSTIC diagnosemetoden er at aflade bilens batteri så meget som bilens BMS tillader. For at sikre ensartethed og stabilt sammenligningsgrundlag til celledestene, skal elbilen herefter stå min. 8 timer indendørs i et værksted (eller lign.) for at akklimatisere batteripakken til ca.

20°C. Bilen lades herefter fuldt op gennem hurtigladerstikket mens ladedata logges i den specialbyggede BATNOSTIC-lader. Kun biler med ChaDeMo eller CCS hurtigladerstik understøttes i BATNOSTIC. For at sikre høj præcision i målingerne, blev flere elbiler testet gentagne gange over en kort tidsperiode. Ligeledes blev den samme elbil testet med halve års mellemrum, for derved at godtgøre at metoden kunne diagnosticere en degradering af batteriet. For at kortlægge temperaturfølsomheden på bil-niveau, blev en elbil testet i både kolde og varme omgivelser indenfor en kort tidsperiode, som det bl.a. ses på Figur 2.



Figur 2 Opvarmet klima-telt til køretøjstest

Dataanalyse

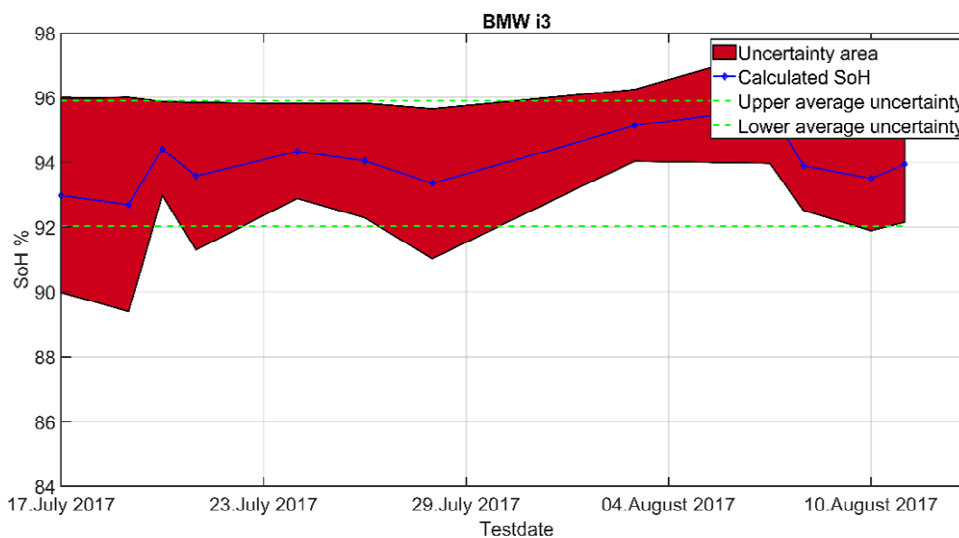
Alle målte værdier fra både celledtest og køretøjstest er bl.a. analyseret med en special tilpasset ICA-metode (Incremental Capacity Analysis) som beskrevet i [1], og gemt i en database. Fra denne database foretages en multidimensional analyse som sammenligner celledtest med køretøjstest og ud fra dette beregner det testede køretøjs SoH. Efterfølgende sendes en rapport med testresultatet direkte i en mail til bilejeren. Alle trin fra testen igangsættes til rapporten afsendes er 100% automatiseret. Analysemodellen bygger bl.a. på både matematisk regression og machine learning (en undergruppe af kunstig intelligens), så modellen løbende bliver mere nøjagtig i takt med at flere elbiler testes.

Resultater

Ikke overraskende viste resultaterne fra celledtest, at temperaturen er en vigtig faktor for hvor hurtigt et li-ion batteri degraderes. Jo højere temperatur, des hurtigere degradering. På køretøjs-niveau viste det sig, at ændringer i temperaturen havde betydning for, hvad SoH blev beregnet til. Ved temperaturer under de "normale" 20°C, blev bilens SoH estimeret bedre end udgangspunktet, mens en øgning af temperaturen medførte et væsentlig dårligere beregnet SoH. En konklusion af dette er, at det er yderst vigtigt, at man tester ud fra samme temperatur-reference, når man forsøger at teste og beregne et li-ion batteris tilgængelige kapacitet.

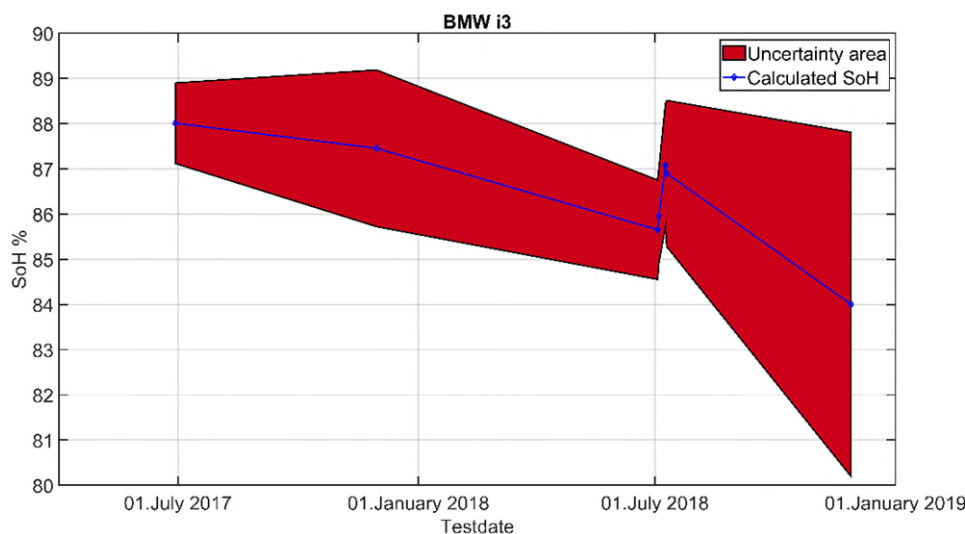
Den ny-udviklede diagnosemodel blev med køretøjstest verificeret på både repeterbarhed og anvendelighed. Repeterbarheden blev verificeret ved at teste det samme køretøj flere gange over en kort tidsperiode. Under de samme temperatur- og opladnings-betingelser, så er forventningen at det beregnede SoH vil være ensartet. Som det ses på Figur 3 ligger den beregnede SoH indenfor en usikkerhed på $\pm 2\%$ -point, hvilket er

yderst acceptabelt, da udsvingene på grafen sandsynligvis stammer fra temperaturvariationer fra testværkstedet.



Figur 3 Udregnet usikkerhed for gentaget batteridiagnose på elbil.

For at teste anvendeligheden, blev den samme bil testet med halve års mellemrum, for at kortlægge degraderingen af batteriet. Figur 4 viser, at elbilens state-of-health i testperioden er faldet fra 88% til 84% resterende kapacitet ift. oprindelige kapacitet. Testene omkring 1. juli ligger alle indenfor $\pm 1\%$ -point, og er derfor indenfor den beregnede usikkerhed fra Figur 3.



Figur 4 Halvårlig batteridiagnose af samme elbil, viser et fald i State-of-Health.

Konklusion

Formålet med BATNOSTIC har været at validere batteridiagnose via elbilens hurtigladerstik. Efter flere hundrede målinger kan det konkluderes, at BATNOSTIC giver gode estimater af degraderingstilstanden for elbilens batteri. Dermed kan målingerne benyttes til at benchmarke elbiler i forhold til hinanden. BATNOSTIC metoden er dog meget følsom overfor temperaturændringer, hvorfor der fra projektpartnerens side ønskes yderligere forskning indenfor temperaturkompensering af analysedataene, så den samlede testtid nedbringes betragteligt.

Anerkendelse

BATNOSTIC projektets gode resultater er realiseret gennem et tæt samarbejde mellem projektpartnerne; Lithium Balance, Aalborg Universitet, Teknologisk Institut, FDM og Applus+. Projektpartnerne takker desuden EUDP for finansiel støtte til at muliggøre projektet.

Referencer

- [1] E. Schaltz, D.-I. Stroe, K. Nørregaard, L. S. Kofod og A. Christensen, »Incremental Capacity Analysis for Electric Vehicle Battery SoH Estimation,« 2019.