



JÁFI-AUTÓKUT MÉRNÖKI KFT.

Autóbusz akkumulátor vizsgálat az ENSZ-EGB 100 előírás követelményei szerint

**Tatai Zoltán
fejlesztőmérnök**

A 100. számú ENSZ-EGB-előírás címe:

Egységes rendelkezések járművek elektromos hajtórendszerük tekintetében történő jóváhagyásáról

A téma most, amikor az elektromos meghajtású járművek rohamosan terjednek, nagyon aktuális és fontos szabályozásokat tartalmaz. Az előírás hatálya az M és N kategóriájú járművekre terjed ki. Az egyes rész-követelmények figyelembe veszik az üzemeltetők és a felhasználó érdekeit is. Autóbuszok esetében a két csoport rendszerint nem azonos.

Egy autóbuszgyártó cég kérésére a JÁFI-AUTÓKUT mérnöki Kft. elvégezte az általuk gyártott elektromos meghajtású kisbusz meghajtó-akkumulátorának minősítő vizsgálatát.

Az ENSZ-EGB 100 előírás definíciója szerint:

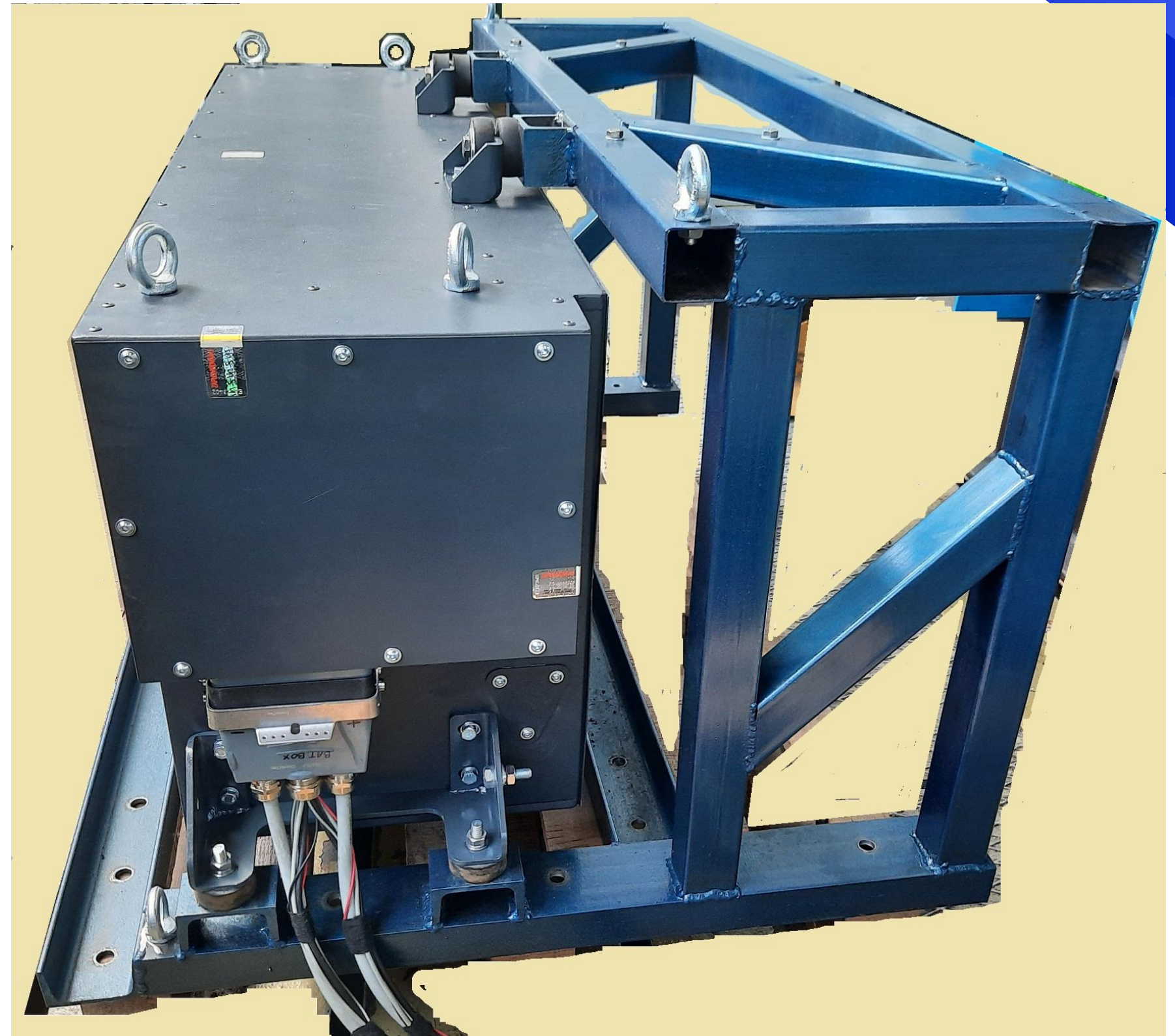
Újratölthető energiatároló rendszer / Rechargeable Electrical Energy Storage System (REESS).

A vizsgálatokhoz a megbízó két akkumulátort biztosított számunkra. A járműves vizsgálatához egy autóbuszt is kaptunk, amely szintén a vizsgált akkumulátorokkal volt felszerelve.

Az akkumulátor adatai

Tömeg 275kg
Névleges feszültség 310,8 V
Névleges kapacitás 112,5Ah

Két akkumulátort kaptunk vizsgálatra.



A vizsgálati követelmények rövid összefoglalása

	Vizsgálat megnevezése	Vizsgálati követelmény száma	Vizsgálat rövid leírása	Vizsgálati követelmény
1	Szigetelési ellenállás	5B. MELLÉKLET	feszültségmérés és számolás (speciális, drága műszerrel is meghatározható)	min 100 Ω/V
2	Normál ciklus	9. melléklet 1. függelék	kisütés + töltés	normál működés
3	Töltöttségi szint beállítása	9. melléklet 2. függelék	maximális áramú töltés	legalább 95%
4	Rázkódás vizsgálat	6.2. pont és 9A. melléklet	függőleges lüktető terhelés rázógépen	normál működés extrém jelenségek* nélkül
5	Lökészerű és ciklikus hőhatás	6.3. pont és 9B. melléklet	-40 és +60 °C hőtartás	normál működés extrém jelenségek* nélkül
6	Mechanikai ütés	6.4.1. pont és 9C. mell.	Előírás szerinti ütközések vízszintes síkban, három irányban	normál működés extrém jelenségek* nélkül
7	Tűzállóság	6.5. pont és 9E. melléklet	800 - 1100 °C hőhatás az alsó síkon	extrém jelenségek* nem lehetnek
8	Rövidzárlat elleni külső védelem	6.6. pont és 9F. melléklet	Rövidzár (nagy áram rövidrezárását biztosító berendezéssel)	normál működés extrém jelenségek* nélkül
9	Túltöltés elleni védelem	6.7. pont és 9G. melléklet	Töltés amíg a rendszer leáll	Töltés leállítása, extrém jelenségek* nélkül
10	Túlzott kisütés elleni védelem	6.8. pont és 9H. melléklet	Kisütés amíg a rendszer leáll	Kisütés leállítása, figyelmeztetés
11	Túlmelegedés elleni védelem	6.9. pont és 9I. melléklet	Folyamatos töltés/kisütés a REESS cellák hőmérsékletének a lehető leggyorsabb növelése érdekében	túlmelegedés és extrém jelenségek* nem lehetnek
* A vizsgálatok során extrém jelenségnek minősül: tűz, robbanás, elektrolit szivárgás				

Szigetelési ellenállás ellenőrzése

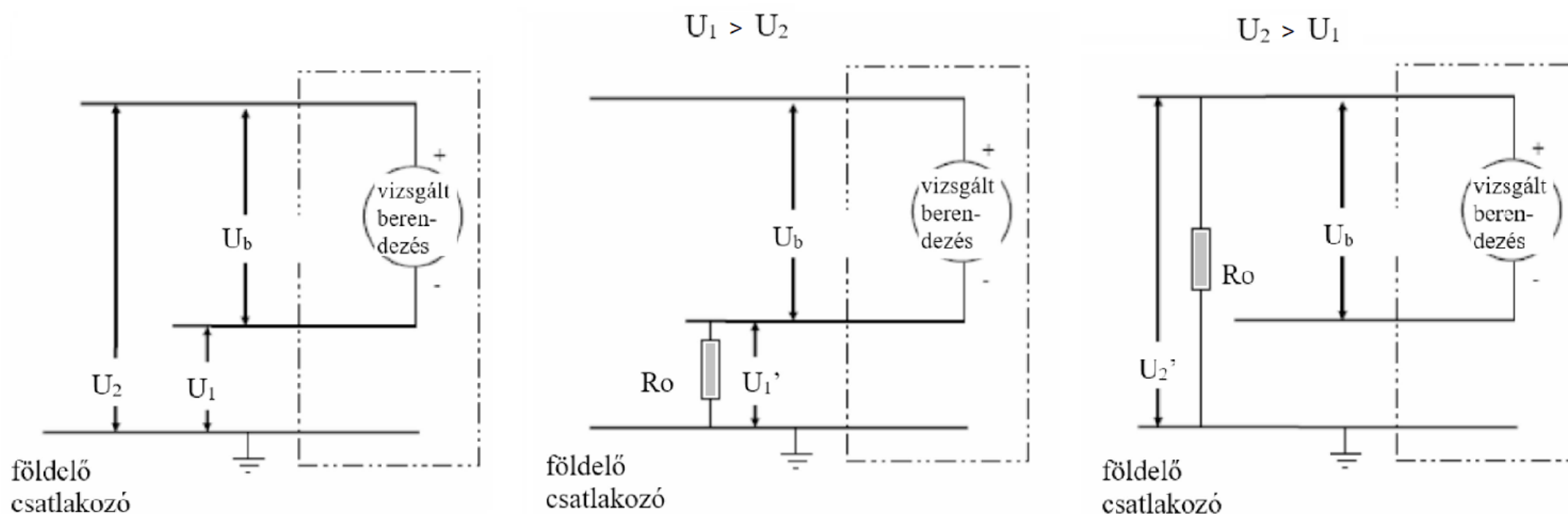
Ez a követelmény nem véletlenül első a vizsgálatok között mert egyaránt szolgálja az utasok és az üzemeltetők biztonságát.

Fontosságát mutatja az is, hogy a mindegyik vizsgálat után el kell végezni. (Kivétel a tűzállóság, mert ott nem kell működésképesnek maradnia az akkumulátornak.)

Az előírás két módszert ír, amivel a szigetelési ellenállást mérni lehet.

Az egyik esetben külső forrásból származó egyenáramú feszültséget felhasználó mérési módszert lehet alkalmazni, amely egy speciális és drága mérőműszert igényel.

A másik esetben a **vizsgált akkumulátort egyenáramú feszültségforrásként felhasználó mérési módszerről** van szó, amely csak egy voltmérőt, egy söntellenállást és kisebb számolást igényel.



$$R_i = R_0 \times U_b \times (1/U_1' - 1/U_1), \text{ ha } U_1 \geq U_2$$

vagy

$$R_i = R_0 \times U_b \times (1/U_2' - 1/U_2), \text{ ha } U_2 > U_1$$

$$\text{Szigetelési ellenállás} = R_i / U_b$$

Normál ciklus

A „Normál ciklus” az akkumulátor töltését és kisütését szabályozó eljárás. A normál ciklus normál kisütéssel kezdődik, amelyet normál töltés követ. A megrendelő előírásának megfelelően a kisütési áram 8,5 A, a töltési áram 15,5 A volt.

A normál ciklust az előírásnak megfelelően, minden teszt után elvégeztük. Ez a másik ellenőrzése annak, hogy az akkumulátor nem sérül-e meg az adott vizsgálat során. Ha a normál ciklus a szokott módon, a szokott időintervallum alatt végrehajtható, akkor az akkumulátor működőképes, alkalmas a következő vizsgálatra, illetve a további üzemelésre.

Töltöttségi szint beállítás

Töltöttségi szintet az előírás 9. melléklet 2. függeléke szerint kell beállítani. **Mindegyik elvégzett vizsgálatnál a töltöttségi szint 97-100% között volt.**

Rázkódás vizsgálat

A vizsgálat célja a REESS biztonsági teljesítményének ellenőrzése olyan rázkódási környezet esetén, amely a jármű rendes működése közben nagy valószínűséggel tapasztalható lesz.

A vizsgált akkumulátort szilárdan rögzítettük egy függesztett, nagyfrekvenciás vizsgálatra alkalmas, hidraulikus munkahenger alsó pontjához. A gyártó által az akkumulátordobozon kialakított emelési pontokat használtuk a munkahengerrel történő kapcsolódáshoz.

A felfüggesztés nagy merevségűnek volt tekinthető.

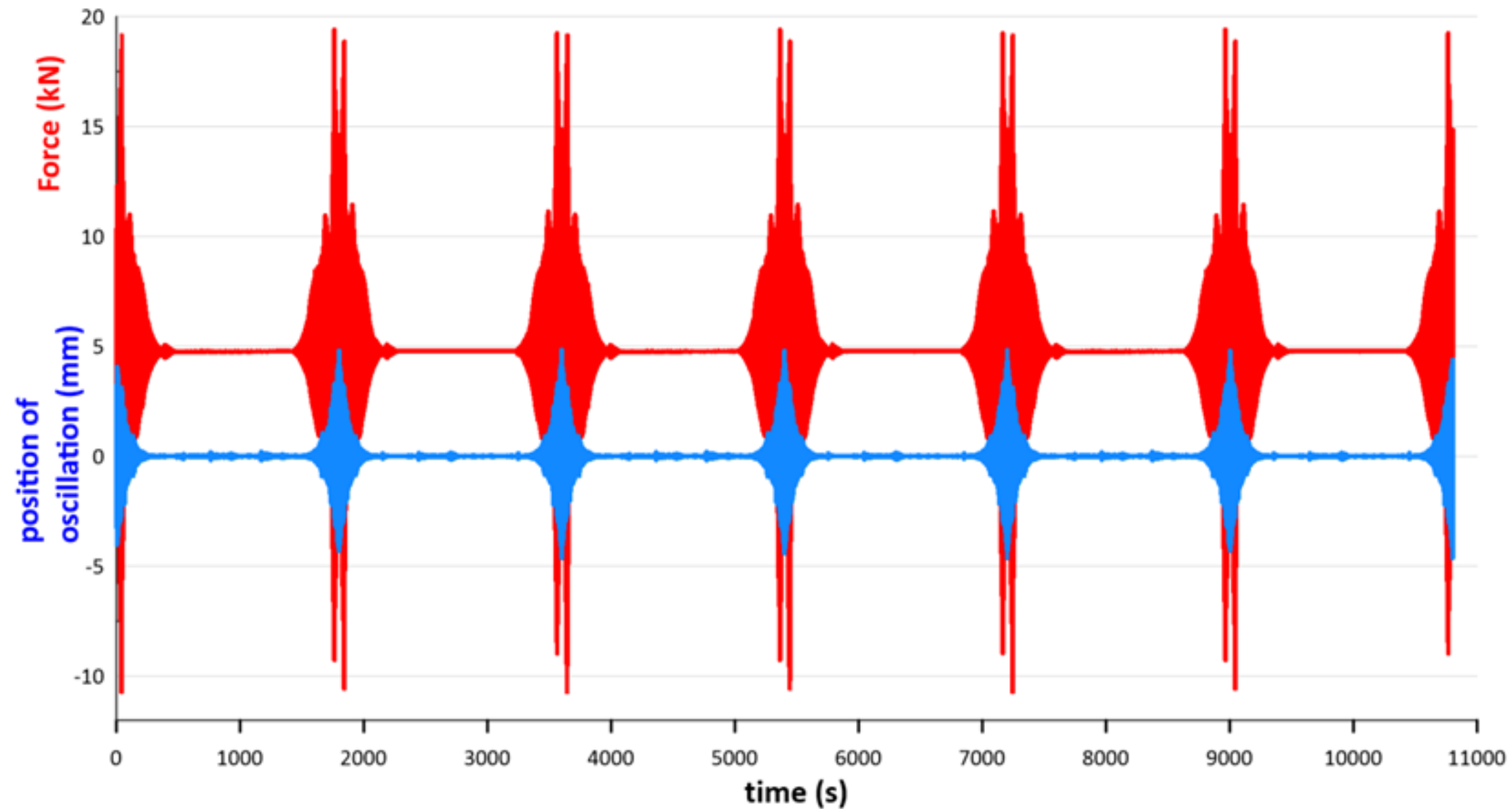
A vizsgált akkumulátort 15 perc alatt 7 Hz-ről 50 Hz-re emelkedő, majd vissza 7 Hz-re csökkenő frekvenciájú, szinuszhullám jelalakú vezérléssel mozgattuk, az alábbi táblázat szerinti gyorsulásokkal.

Ezt a ciklust összesen 3 órán át 12-szer ismételtük.

Frekvencia (Hz)	Gyorsulás [m/s ²]
7–18	10
18–30	10-ről fokozatosan 2-re csökken
30–50	2



Rázkódás vizsgálat



A vizsgálat során, majd a vizsgálat végén elvégzett szigetelési ellenállás mérés és a végrehajtott normál ciklus folyamán sem tapasztaltunk semmilyen, a normálistól eltérő viselkedést. **Az akkumulátor teljes mértékben megfelelt a rázkódás vizsgálat követelménynek.**



Rázkódás vizsgálat

A vizsgálattal kapcsolatban meg kell azonban jegyeznünk, hogy először egy másik vizsgálóberendezésen, egy rázóasztalon teszteltük az akkumulátort, de az a vizsgálat a fellépő rezonanciák miatt nem volt eredményes.

A frekvenciapásztázás alatt bizonyos frekvenciákon olyan rezonancia alakult ki, aminek következtében a vizsgálóberendezés nem tudta a megengedhető hibán belül tartani a vizsgálóasztal mozgását és a rendszer letiltott. Az akkumulátor egység azonban így is jelentős rázásnak volt kitéve és ezért ellenőrizni kellett, hogy nem károsodott-e. Az „eredménytelen” vizsgálat után elvégeztük a szigetelési ellenállás vizsgálatot és végrehajtottunk egy normál ciklust. Semmilyen rendellenességet nem tapasztaltunk.



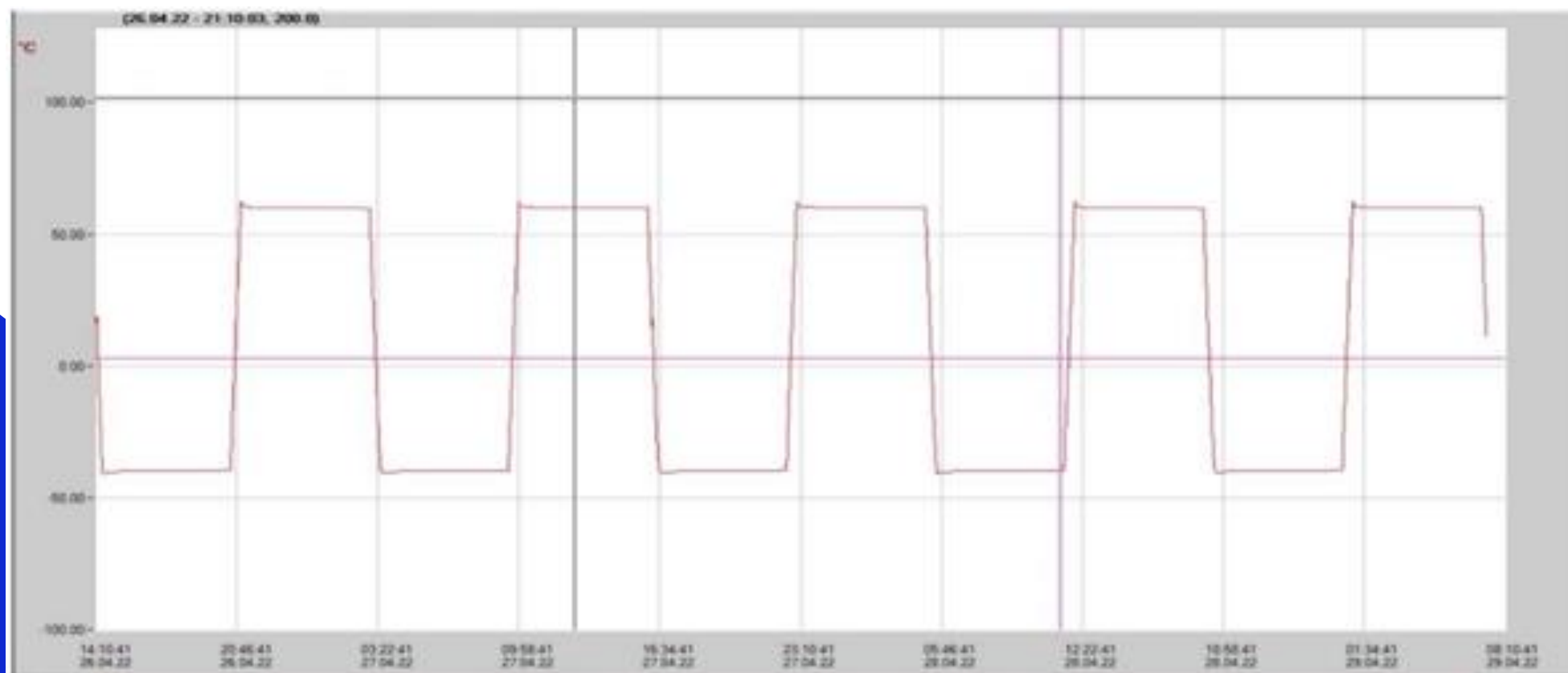
A fentebb bemutatott új berendezésnél is láthatók a rezonanciák, de az a pulzátor ezt tolerálta.

Lökésszerű és ciklikus hőhatás

A vizsgálat célja a REESS hirtelen hőmérséklet-változásokkal szembeni ellenállásának ellenőrzése.

Az előírás követelménye szerint a vizsgált akkumulátort hat órán keresztül +60 °C vizsgálati hőmérsékleten tároltuk, majd ezt követően hat órán keresztül -40 °C vizsgálati hőmérsékleten tároltuk. A vizsgálati hőmérsékleti szélsőértékek között 30 perc telt el.

Ezt a terhelési ciklust 5-ször ismételtük.



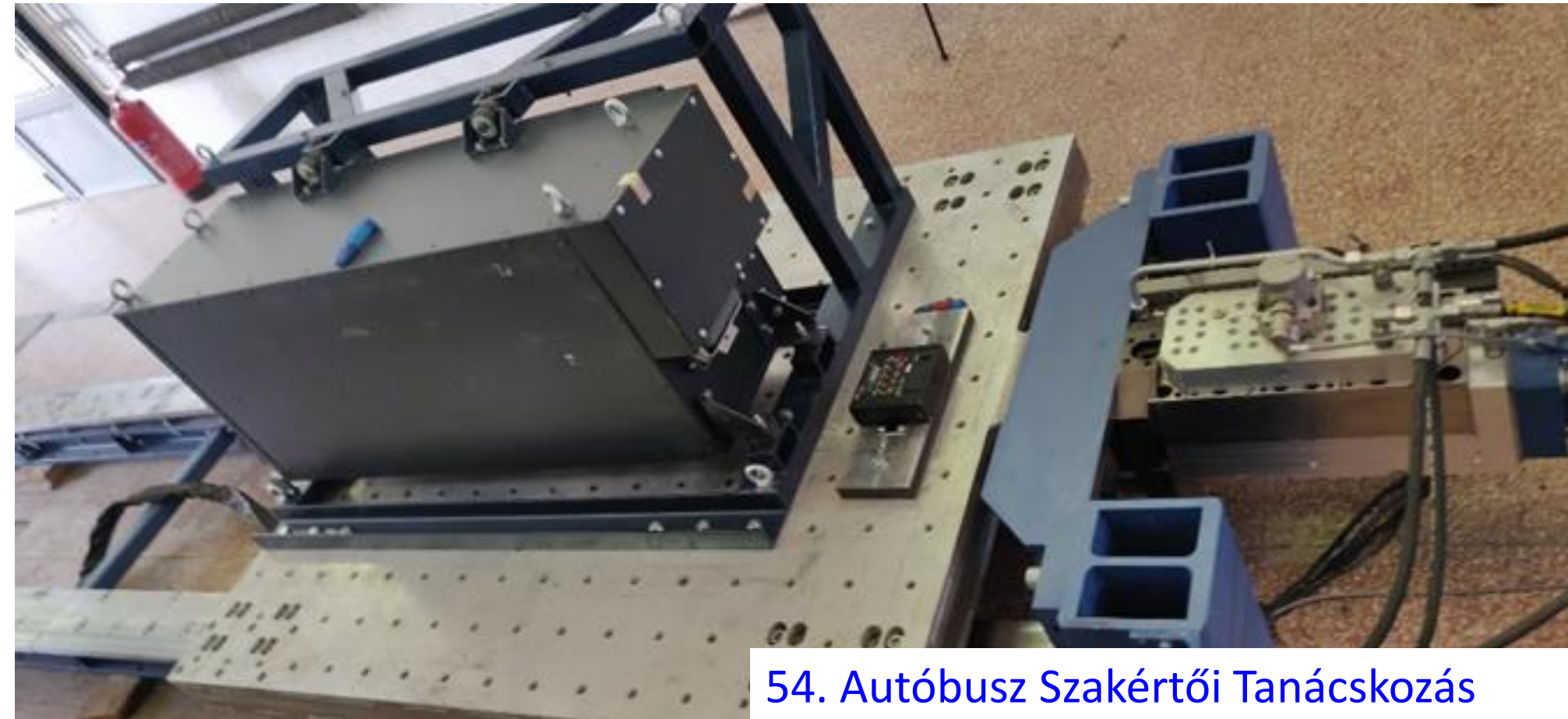
Ennél a vizsgálatnál a nehezen megvalósítható követelmény, hogy a két szélső érték között mindössze 30 perc telhet el.

Az általunk használt vizsgáló hőkamra programozása és hűtő/fűtő kapacitása biztosította, hogy a megkívánt paramétereket maradéktalanul biztosítani tudtuk.

Mechanikai ütés

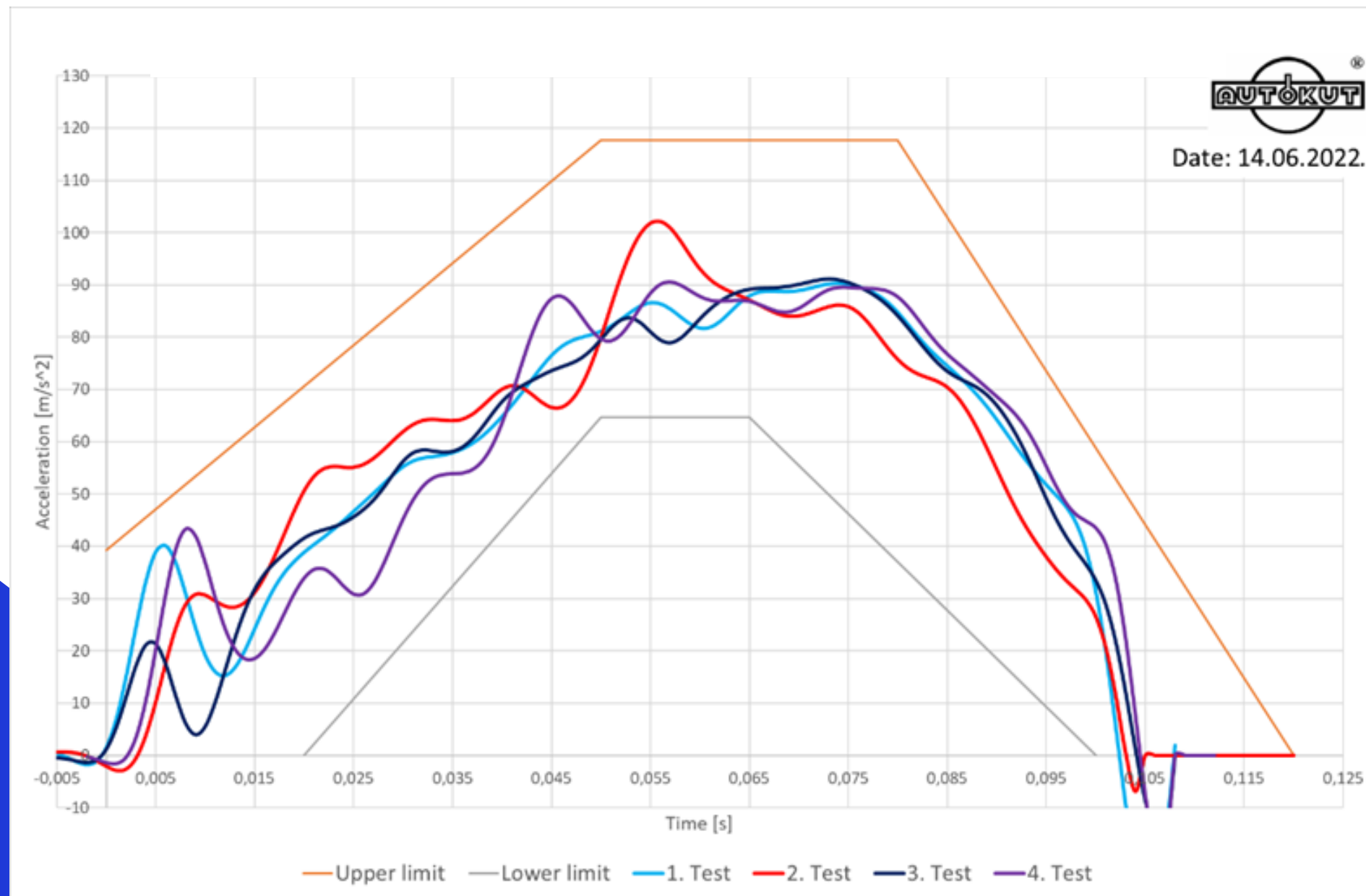
A vizsgálat célja a REESS biztonsági teljesítményének ellenőrzése olyan tehetetlenségi terhelések mellett, amelyek a jármű ütközése esetén léphetnek fel.

Az előírás hossz és keresztirányú ütközést ír elő. A hosszirányú ütközés esetében nagyobb gyorsulást, keresztirányban kisebbet fogalmaz meg az előírás. Ez az akkumulátor több pozícióban lesz beépítve az autóbuszba, így a gyártóval egyeztetve minden lehetséges irányban megvizsgáltuk az akkumulátort és mindegyik esetben a hosszirányú ütközésre előírt magasabb követelmény szerint. Az akkumulátor a beépítési pozícióban volt rögzítve a vizsgálópad platóján. Függőleges tengely körül 90 fokkal elforgatva hajtottuk végre a 4 vizsgálatot.



Mechanikai ütés

A vizsgálópad inverz üzemmódban dolgozik, ami azt jelenti, hogy nem egy adott sebességről fékez a megkívánt lassulással, hanem állóhelyzetből gyorsítja a vizsgált terméket a megkívánt gyorsulással. Ebben az üzemmódban a paraméterek jobban betarthatók.

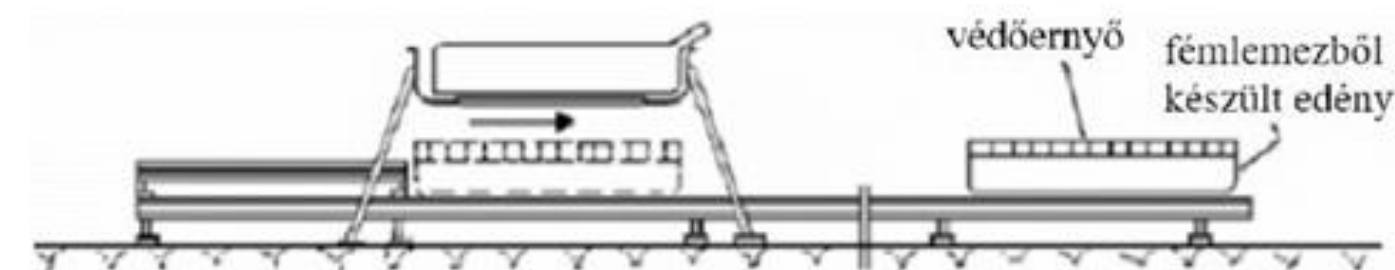
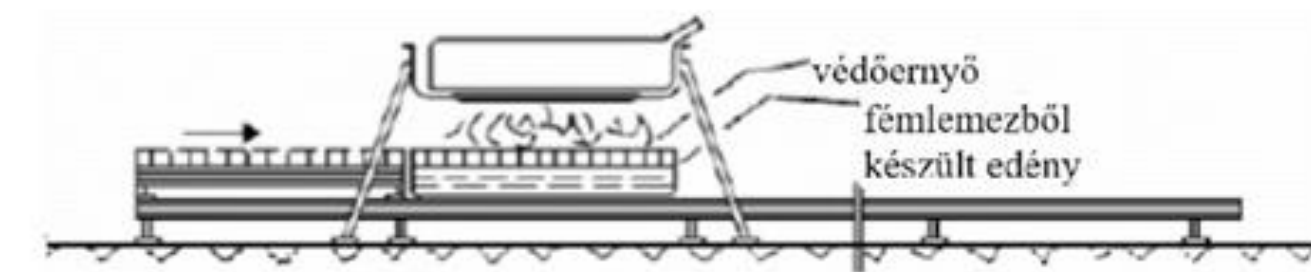
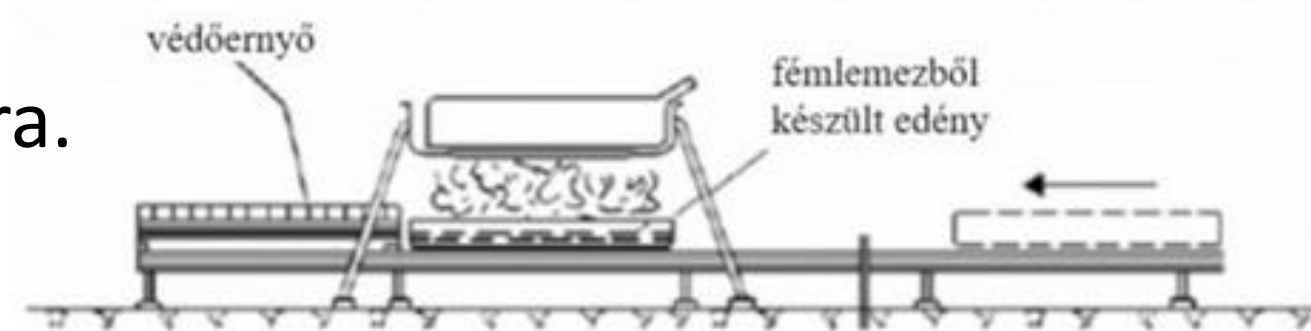
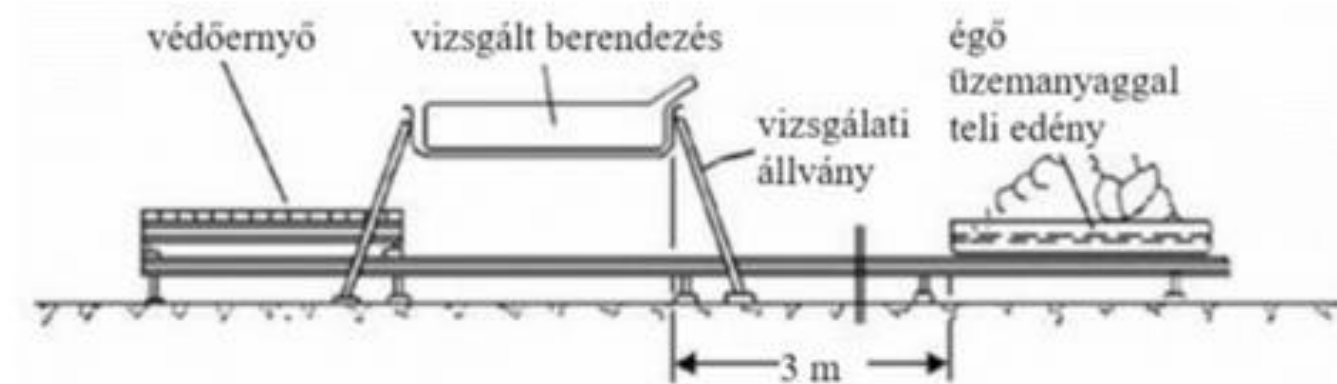


Tűzállóság

A vizsgálat célja a REESS járművön kívülről származó, például járműből (akár az adott járműből, akár egy közelben lévő másik járműből) kiömlő üzemanyagból eredő tűzveszélynek való ellenállásának ellenőrzése. Ilyen helyzetben a vezetőnek és az utasoknak elegendő idejük kell, hogy maradjon a jármű elhagyására. Az előírás két féle tesztelést tesz lehetővé. Az egyik változatnál benzin égetésével, a másiknál PB gáz égetésével hozzuk létre az égetési hőt.

A benzines vizsgálat az alábbi fázisokból áll:

- Előkészítés, a benzin meggyújtása egy erre a célra készült tepsiben.
- Az égő benzin betolása a vizsgált berendezés alá.
- 70 másodperc eltelte után a lánghatást csökkentő védőernyő betolása az égő benzin fölé.
- 60 másodperc után a melegítő eszközök eltávolítása a vizsgált berendezés alól.
- Három órás megfigyelés.



Tűzállóság

Mi a benzines helyett a másik, PB gázos módszert választottuk. Ez a módszer egzaktabb, jobban reprodukálható és kevésbé veszélyes. Egy üres akkudobozon végeztünk előzetes teszteket, amelyek során a mértük az akkudobozban a belső hőmérsékletet is. A gyártó az előzetesen elvégzett tesztek elemzése során szükségesnek látta egy hőszigetelő lemez elhelyezését az akkumulátordoboz alatt. Ez a hőszigetelő lemez a későbbiekben a sorozatban gyártott termék elválaszthatatlan részét képezi.

Ez az előzetes teszt bizonyította ennek a vizsgálatnak az indokoltságát is.

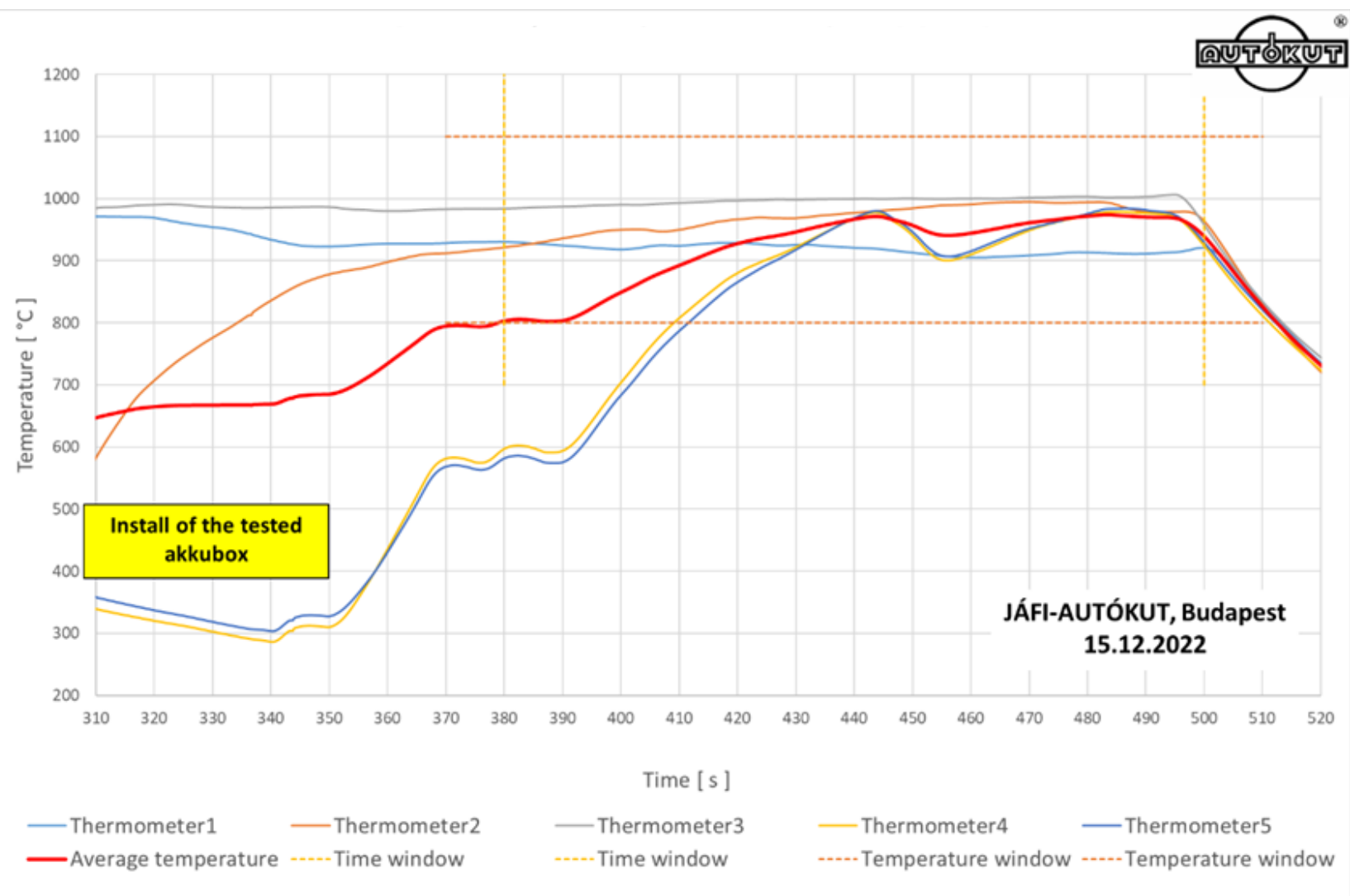
4 db PB-gázégőt használtunk a láng előállításához. A gázégőket az akkudoboz alatt egyenletesen helyeztük el úgy, hogy a teljes alsó felületet melegítsék.

Az előírásnak megfelelően 5 db hőérzékelőt használtunk az előírt elrendezés szerint.



Tűzállóság

A gázégők beszabályozását a vizsgálat előtt úgy végeztük el, hogy egy üres, de a vizsgált alkatrészsel geometriailag teljes mértékig megegyező dobozt helyeztünk a gázégők fölé. Amikor elértük a kívánt hőmérsékletet, akkor egy gyors beavatkozással kicseréltük az üres dobozt a vizsgált objektumra. Ezáltal biztosítottuk, hogy a vizsgált akkudoboz alatt az átlaghőmérséklet 30 s-on belül elérte a megkövetelt 800 °C -t.



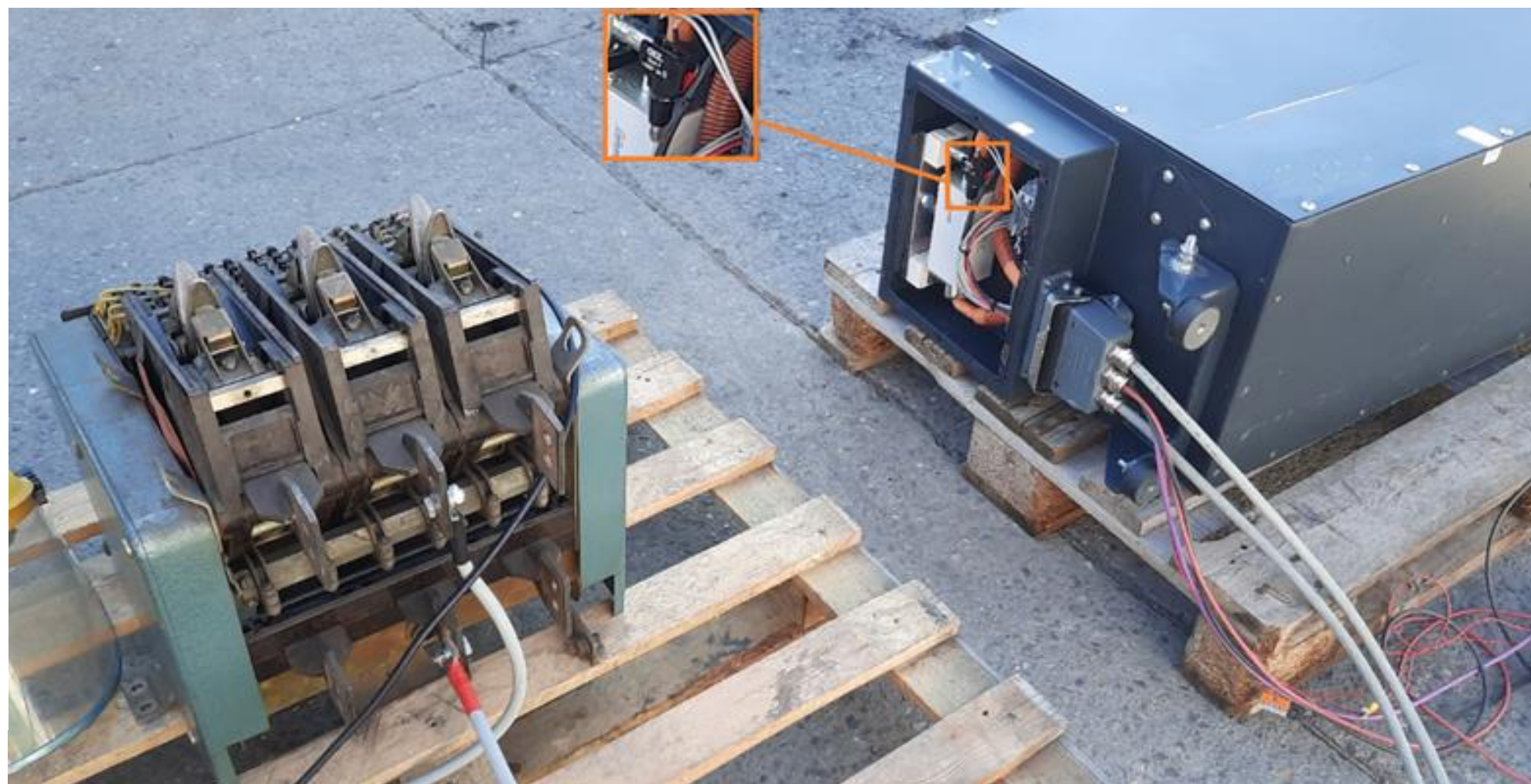
Rövidzárlat elleni külső védelem

A vizsgálat célja a rövidzárlat elleni védelem működésének ellenőrzése annak megelőzése érdekében, hogy a REESS a rövidzárlati áram következtében további súlyos eseményeket szenvedjen el. Az akkumulátor két pólusát összekötöttük a nyitott állapotú nagyáramú motoros kontaktor érintkezőivel. Ezután a motoros kontaktorral rövidre zártuk az akkumulátor pólusait. A folyamat közben mértük a rövidrezáró vezetékben folyó áramot. A rövidzár alatt egy néhány ezredmásodpercig volt áram, de azonnal működésbe lépett az akkumulátor védőbiztosítója és szakította az áramkört.

A folyamatot vizuálisan is követhettük, mivel az akkumulátor doboz oldalán elhelyezett védőbiztosíték kiolvadását egy, a helyzetéből kimozduló piros alkatrész is mutatta.

A vizsgálat után az előírás szerint 1 órás megfigyelést hajtottunk végre, majd szigetelési ellenállás mérés és normál ciklus következett.

A vizsgálat alatt és után semmilyen rendellenességet nem tapasztaltunk.



Túltöltés elleni védelem

E vizsgálat célja a túltöltés elleni védelem működésének ellenőrzése annak megelőzése érdekében, hogy a REESS a túl magas töltöttségi szint következtében további súlyos eseményeket szenvedjen el. Alkatrészalapú vizsgálatot végeztünk az üzemi töltő berendezés használatával. A töltést addig végeztük, amíg a BMS (Battery Management System) leállította a töltést. A vizsgálat alatt és után nem tapasztaltunk semmilyen a normálistól eltérő viselkedést. Nem tapasztaltunk elektrolitszivárgást, törést, tüzet vagy robbanást.

Túlzott kisütés elleni védelem

E vizsgálat célja a túlzott kisütés elleni védelem működésének ellenőrzése annak megelőzése érdekében, hogy a REESS a túl alacsony töltöttségi szint következtében további súlyos eseményeket szenvedjen el. Alkatrészalapú vizsgálatot végeztünk az üzemi kisütő berendezés használatával. A töltést addig végeztük, amíg a BMS (Battery Management System) leállította a kisütést. A vizsgálat alatt nem tapasztaltunk semmilyen a normálistól eltérő viselkedést. Nem tapasztaltunk elektrolitszivárgást, törést, tüzet vagy robbanást.

Túlmelegedés elleni védelem

Ez egy járműves vizsgálat, amelyet a megrendelő által rendelkezésünkre bocsátott autóbuszal végeztünk, amelybe a vizsgált akkumulátorok voltak beépítve.

A vizsgálat célja annak ellenőrzése, hogy megfelelően működik-e a REESS belső túlmelegedése elleni védelem üzemeltetés közben.

A vizsgálat eszköze az ENERGOTEST KFT által tervezett és gyártott KTMP-75 típusú teljesítmény-mérő próbapad, amely elektromos járművek mérésére lett kifejlesztve.

A görgőpados vizsgálat folyamán az előírásnak megfelelően a járművet folyamatosan tölteni kell és ki kell sütni olyan módon, hogy a lehető leggyorsabban növeljük a REESS celláinak hőmérsékletét a vizsgálat végéig. Ezt a követelményt görgős fékpadon végzett járművezetési műveletek végrehajtásával teljesítettük.

Maximális nyomatékkal gyorsítás az akkumulátor lemerüléséig, majd visszahajtás a pad oldaláról maximális árammal töltve az akkumulátort a teljes feltöltéséig.



Túlmelegedés elleni védelem

A vizsgálat a következő fázisokból állt:

1: A fékpaddal a lehető legnagyobb terheléssel fékeztük az autóbuszt, amíg a hajtó akkumulátorok merítését a rendszer engedélyezte.

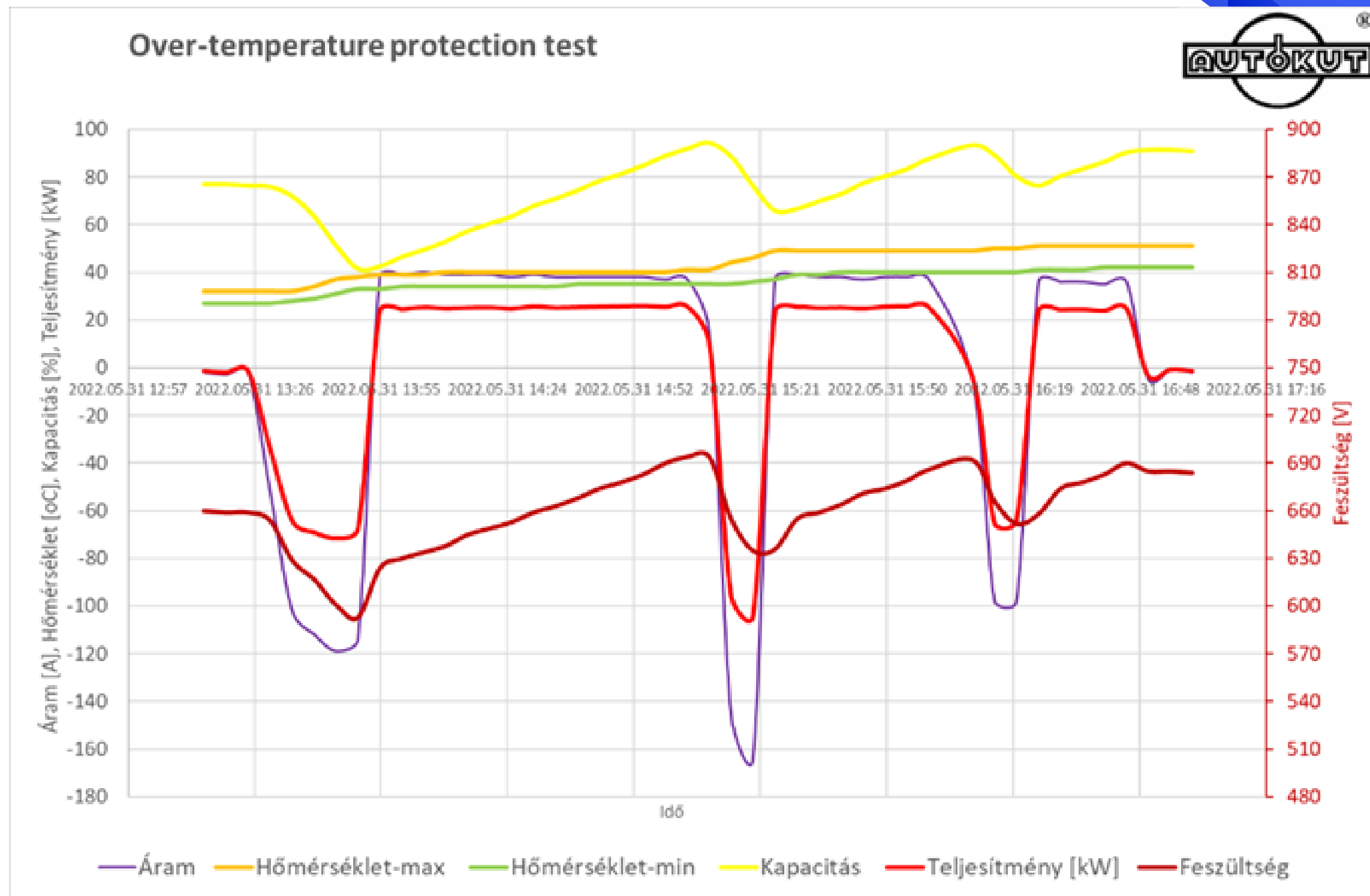
2: A fékpad maximális teljesítményével hajtottuk az autóbusz kerekeit, ezáltal töltöttük az akkumulátorokat, addig, amíg az akkumulátorok töltése elérte a maximumot.

Ezt a két fázist 3-szor ismételtük a 3 órás vizsgálat végéig. A vizsgálatot előbb is abba lehetett volna hagyni abban az esetben, ha a hőmérséklet érzékelő rendszer leállította volna az autóbuszt, de erre nem került sor.



Túlmelegedés elleni védelem

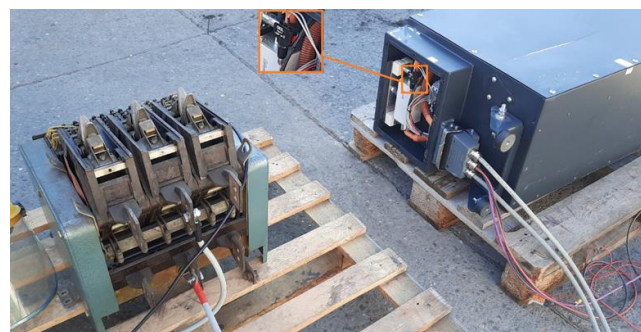
A vizsgálat során az autóbusz sebessége töltéskor és merítéskor egyaránt 55-60 km/h volt. Ez a sebesség a busz szempontjából az adott fékpadon közel volt a lehetséges maximumhoz, mert a hajtott kerekeken a gumik hőmérséklete a külső ventilátoros hűtés ellenére közeledett a biztonságos maximumhoz. A vizsgálat alatt folyamatosan figyeltük az akkumulátorok belső hőmérsékletét, amely folyamatosan emelkedett, de nem érte el a kritikus szintet, a védelmi rendszerek sem állították le a tesztet.



Összefoglalás



Összefoglalásképpen azt kell megállapítanunk, hogy az ENSZ-EGB 100 –as előírásban megfogalmazott vizsgálati követelmények maradéktalan teljesítéséhez több cég kooperációjára volt szükség. Nagy értékű, egymástól nagyon különböző célú, speciális berendezések kellettek, amelyek együtt nem találhatóak meg egy cégnél sem. A JÁFI-AUTÓKUT KFT. által szervezett és felügyelt együttműködés eredményeképpen viszont egy sikeres vizsgálat sorozatot teljesítettünk.



A vizsgált akkumulátorok és a hozzá kapcsolt elektronikák maradéktalanul teljesítették az elvárásokat.





JÁFI-AUTÓKUT MÉRNÖKI KFT.

Köszönöm a figyelmet!