

Braun Ferenc, Molnár Zsolt: Elektromos járművek energiamenedzselt töltése

Óbudai Egyetem, Budapest, 1034. Bécsi út 96/B, braun.ferenc@ek-cer.hu, molnar.zsolt.mai@uni-obuda.hu

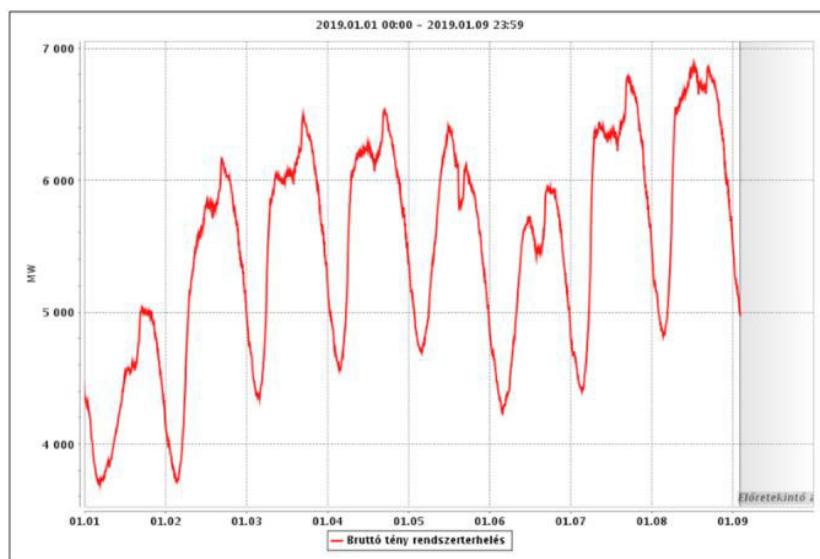
Absztrakt: Az elektromos járművek terjedése dinamikus, de a számuk és az akkumulátoraik kapacitásának növekedése komoly kihívásokat jelent mind az autógyártók, mind a töltőrendszereket tervezők, mind pedig az energia szolgáltatók számára. Az egyik fő probléma a rendelkezésre álló töltési energia optimális kihasználása úgy, hogy a hálózatot ne terhelje túl a rendszer, viszont amikor van felesleges energia, akkor a legjobb hatásfokkal hasznosítsa azt. Ezt a kihívást mind egy több elektromos jármű töltővel rendelkező épület, mind pedig egy különálló háztartás (családi ház) szintjén kezelni kell.

Cikkünkben a töltőrendszer tervezők oldaláról azt mutatjuk be, hogy hogyan épül fel egy korszerű, energiamenedzsmentet megvalósító töltőrendszer, milyen funkciók szükségesek a fenti probléma megoldására. Kitérünk a töltésvezérlő működésére, a teljes töltő és töltőrendszer felépítésére, a kommunikációra, és a back-end szolgáltatásokra is. Bemutatjuk egy konkrét fejlesztés során felmerülő problémákat és azok megoldását, a megvalósított funkciókat, illetve beszámolunk a fejlesztést lezáró teszt tapasztalataira is. Végül összegezzük a továbblépési lehetőségeket és ezek megvalósíthatóságát.

Kulcsszavak: Elektromos autó, Smart City, IP, elektromobilitás, adaptív autótöltés

1. Bevezetés

Az elektromos járművek intenzív elterjedése komoly problémákat vet fel. A probléma kihat az energiaszolgáltatókra, a parkolóüzemeltetőkre és a fogyasztókra egyaránt. Minél több elektromos autó kerül forgalomba, annál több töltőállomást szükséges telepíteni, azonban a töltőpontszám növelése energiaigény növekedést vonz magával. Általános vélekedés, hogy a villanyautók gyors elterjedése miatt össze fog omlani a villamos energia hálózat. Egy bizonyos ponton túl már nem lehet növelni a töltőpontokat, hiszen a rendelkezésre álló energiakapacitás korlátozni fogja a kiszolgálást. Szerencsére ezek az állítások bármennyire logikusnak hangzanak, nem igazak.



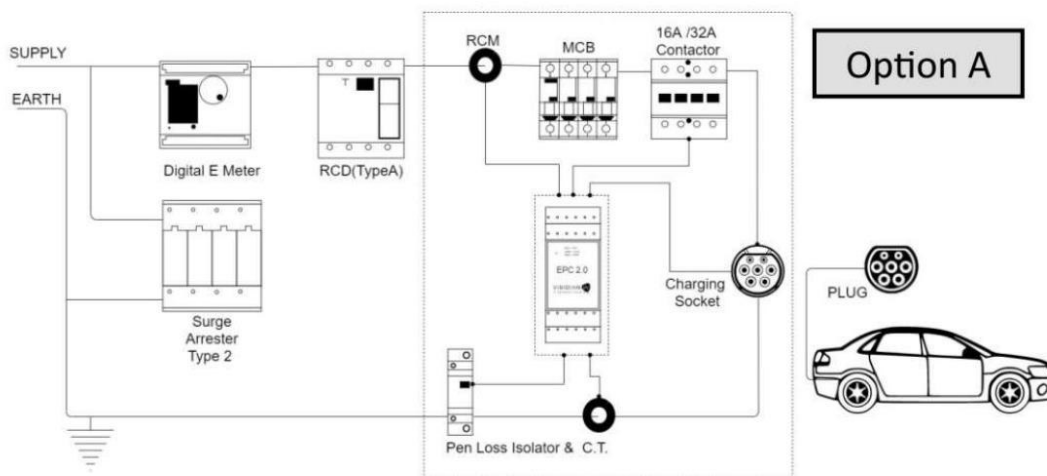
16. ábra A magyar villamosenergia-rendszer terhelése január első hetében [1]

Tegyük fel, ha szabad kapacitás van a hálózatban növeljük, ha csökken a rendelkezésre álló kapacitás, akkor csökkentjük a töltőáramot. Így az elektromos autók számának növekedése hasznos is lehet az elektromos hálózat számára, a jellemző éjszakai töltés ugyanis pont a völgyidőszakot "tölti ki", egyenletesebbé teszi az elektromosenergia-igény szintjét.

Továbbá a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet 2022.01.01 módosítása szerint, a meglévő, illetve az új építésű vagy a jelentős felújítás alá vont épületekhez tartozó parkolóhelyét kötelező felszerelni elektromos töltőállomással. [2] Ez azt jelenti, hogy új építés esetén minden 10. parkolónak, a régebbi társasházak esetén pedig minden 20. parkolóhelyet kell elektromos töltés lehetőségével kiegészíteni. Ha megvizsgáljuk a felhasználók szokásait akkor könnyedén beláthatjuk, hogy az autót munkából hazatérés esetén csatlakoztatják a töltőhöz, ezután a napi rutinjukat végzik. Ilyen rutin a sütés, főzés, fűtés és számos más olyan tevékenység, amely viszonylag magas energiaigényű. Ilyenkor a villamos energiahálózatban csúcsterhelés keletkezik, ami túllépheti a bejövő kapacitást. Ezért szükségesnek láttuk egy olyan töltésvezérlő kifejlesztését, amely alkalmas a töltőáramok dinamikus vezérlésére. Ehhez azonban meg kellett ismernünk egy töltőpont teljes felépítését.

2. Az AC töltőállomás felépítése

Az 2. ábrán látható egy tipikus töltőállomás felépítése.

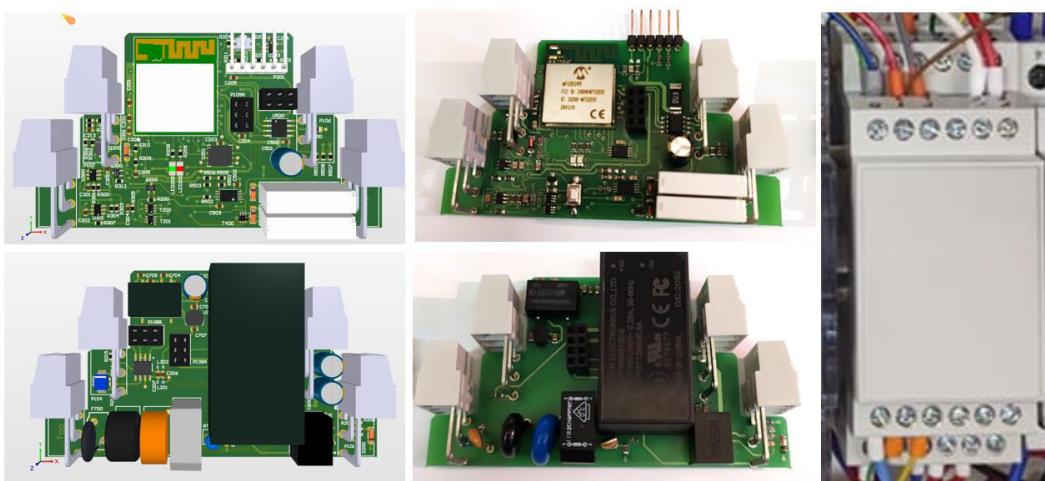


17. ábra AC töltőállomás felépítése [3]

A töltő elektromos hálózati betáplálása egy fogyasztásmérőbe érkezik. Ez a fogyasztásmérő méri a töltőpont teljes energiafelvételét. Általában ezek a fogyasztásmérők rendelkeznek digitális interfésszel, amelyen keresztül könnyedén lekérdezhetőek. Ezután egy hibaáramvédőkapcsoló (RCD) van, amely érintésvédelmi előírások miatt szükséges. A betáplálási oldalon még egy túlfeszültség védelem is szükséges (Surge Arrester). Középen az EPC a töltésvezérlő. A feladata a fogyasztásmérő által mért értékek kiolvasása, a kommunikáció biztosítása az autóval és a töltő csatlakozó (Charging Socket) feszültség alá helyezése a mágneskapcsoló (Contactor) segítségével. Az RCM az esetleges hibaáram detektálása miatt van, az MCB az autó túláramvédelmét valósítja meg. Továbbá szükséges még PEN isolator alkalmazása is a biztonságos működtetéshez.

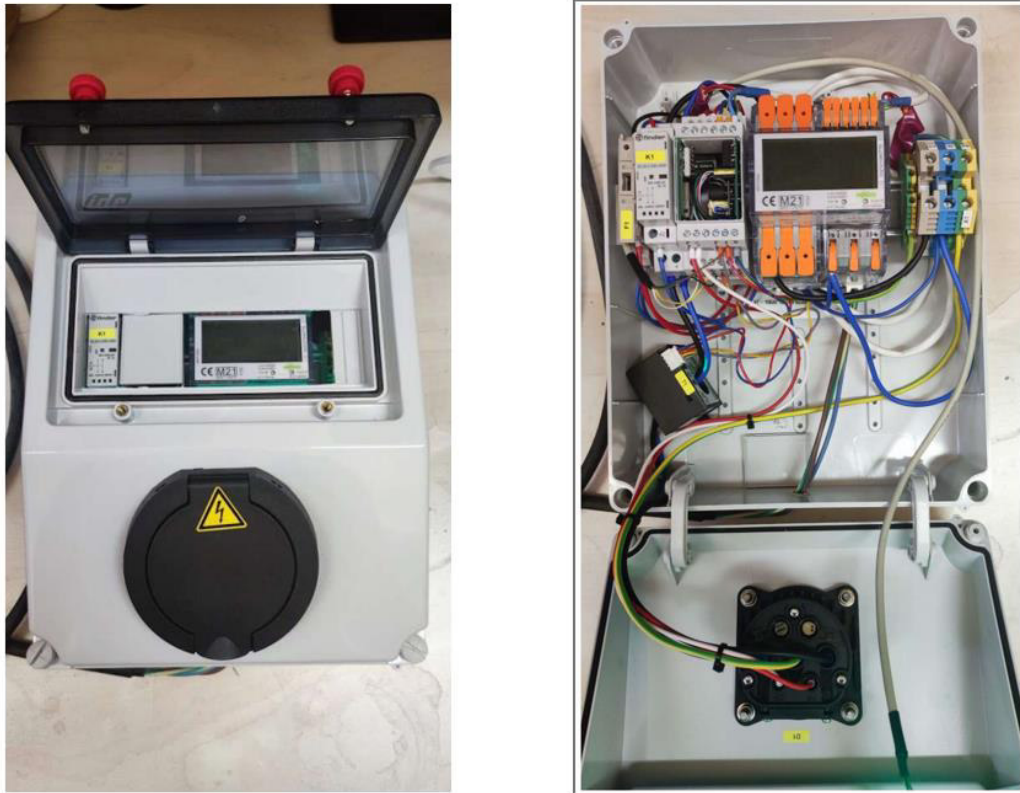
3. A töltő vezérlő tervezése

A tervezés során először a minimumelvárásokat kellett definiálni. A terméknek teljesen kompatibilisnek kell lennie az IEC 61851 szabvány által specifikált (EV) töltőponti csatlakozókkal. Az elektromos járművek töltési folyamatának vezérlése és ellenőrzése az IEC61851 szerint (Mode 3) kell működnie. Ez azt jelenti, hogy egy, illetve három fázisú AC töltést kell támogatnia 32 A-es maximális árammal.[4] Az elektromos járművel való kommunikáció az IEC62196-2 vagy SAE J1172 szabvány szerint történik. Legyen hibaáramvédő detektálási lehetőség (RCM). A töltési áramot 6-32 Amper közt lehessen állítani. Egyaránt használható legyen csatlakozóval ellátott vagy beépített vezetékkel rendelkező aljzatokkal. Opcionálisan legyen lehetőség elektromágneses vagy motoros reteszelés kialakítására, erről visszajelzés is legyen. Rendelkezzen WiFi kapcsolattal, ahol a töltő paraméterezése, valamint a felhasználói kapcsolat megvalósítható. Kialakítása során DIN modulos, a könnyű telepíthetőség végett. Ezután megterveztük és legyártottuk a vezérlőt. A 2. ábra szemlélteti a 3D tervet és a valóságban megépült vezérlőt.



18. ábra Az elkészült töltésvezérlő

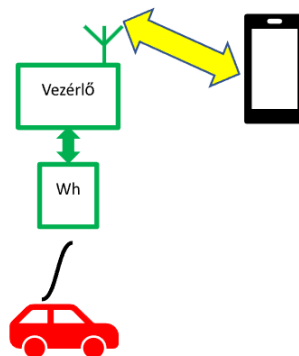
Az alsó áramkör a vezérlő galvanikusan leválasztott tápegysége a felső pedig maga a vezérlő. A jobb oldali ábra a dobozolt prototípus. A hardver elkészülésével párhuzamosan ment a szoftverfejlesztés. Az így megépített vezérlő tesztelése során egy prototípus töltőpontot alakítottunk ki. Ezt a 4. ábra szemlélteti.



19. ábra Töltőpont prototípus

A tesztelés során különböző autógyártók elektromos autóival teszteltünk és gyűjtöttük az információkat.

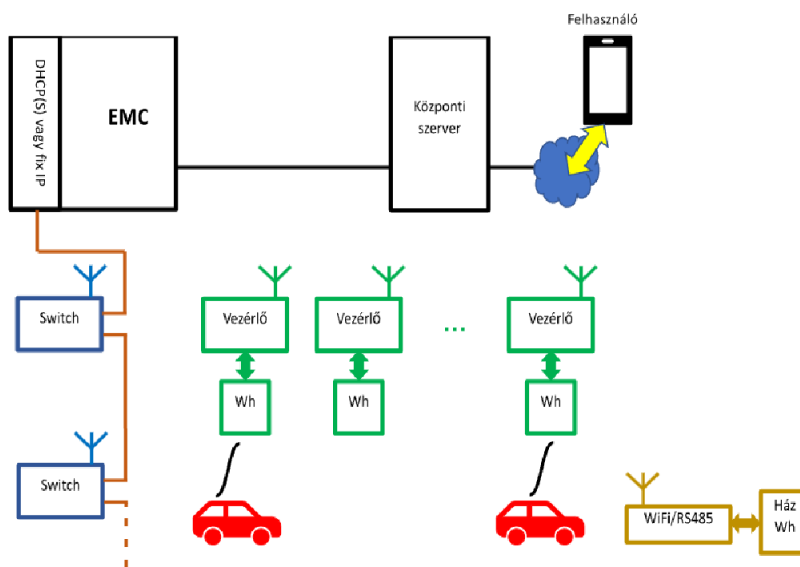
Ami a számunkra érdekes volt, hogyan reagál a töltőáram beállításra. Valamely autógyártó terméke szinte azonnal, viszont van olyan autócsoport is amelyik csak 25 mp elteltével változtatja a töltőáramát. Ezen információk ismeretében kezdtük el definiálni az elvárásokat az energiamenedzselt rendszerrel kapcsolatban. A teszt során önálló működés egyedi, energiamenedzsment nélküli üzemmódban működtek a vezérlők.



20. ábra Önálló töltő rendszerfelépítése

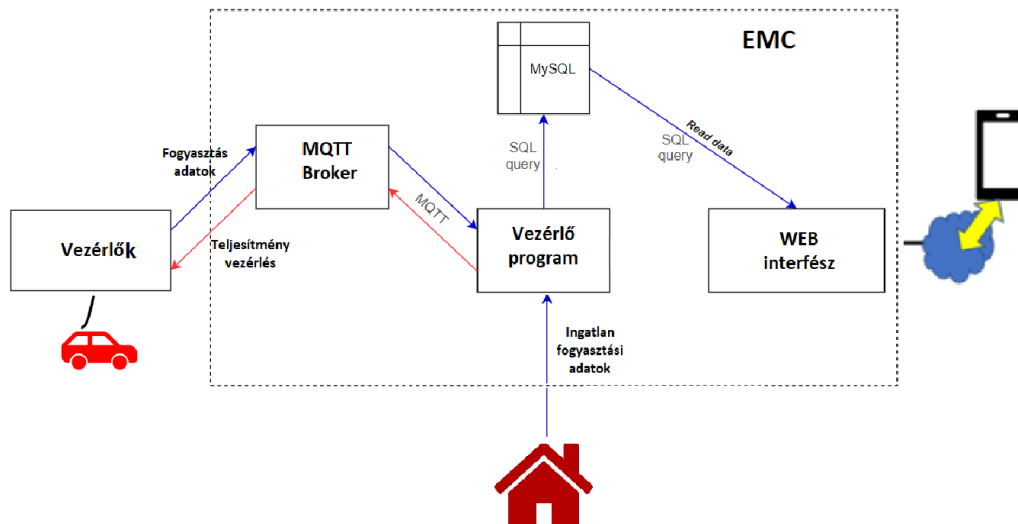
4. Az energiamenedzselt rendszer

A célunk, hogy olyan rendszert készítsünk, amely alkalmas társasházi parkolókbán üzemelni. A rendszerünk legyen képes a bejövő rendelkezésre álló energia hatékony szétosztására. Kezelje az új töltésigényeket és erőforrás hiány esetén legyen képes szüneteltetni a töltést. A rendszernek távolról elérhetőnek kell lennie és számlázási funkciókat is tartalmaznia kell. Az így elkészült fizikai rendszertervet az 6. ábra ismerteti.



21. ábra Fizikai rendszerterv

Az energiamenedzselt rendszer legfontosabb funkciója a töltésvezérlők maximális töltőáramának adaptív menedzselése. Az adaptivitás bemenő paramétere az ingatlanba bejövő névleges villamos áram és az aktuálisan felvett ingatlan áram különbsége lesz. Tehát szükséges mérnünk a lakóház fogyasztását. A mért érték elküldésre kerül az energiamenedzselést végző szervernek (EMC). A töltésvezérlők WiFi kapcsolat segítségével kommunikálnak az EMC-vel. A kommunikáció során folyamatos információt biztosítanak aktuális állapotukról és a töltő fogyasztásmérő által mért értékekről. A switchek az informatikai hálózatot biztosítják. A központi szerver feladata a több társasházi alrendszer összefogása. Ez a gép az üzemeltető/szolgáltatónál kerül kiépítésre. A logikai felépítést az 7. ábra szemlélteti.



22. ábra Logikai rendszerfelépítés

A vezérlők MQTT protokoll segítségével végzik a kommunikációt. A hatékony működés feltétele a végpontok állapotának pontos ismerete, ezért a felfelé irányuló kommunikáció során a vezérlők küldik a fogyasztási adatokat, az aktuális állapotukat, valamint hiba esetén a hiba okát meghatározó paramétereket.

Lehetséges állapotok:

- Nincs autóhoz csatlakoztatva
- PP ellenőrzés
- Fogyasztásmerő ellenőrzése
- Startra várakozás
- Engedélyre várakozás
- Autó töltés kérésre várakozás
- Rögzítés bekapcsolás
- Rögzítés ellenőrzés
- AC kontaktor bekapcsolás
- Töltés
- Töltés leállítás
- AC kontaktor kikapcsolás
- Rögzítés oldás
- Szünet
- Szünet vége
- Kábel kihúzásra vár

Lehetséges hibaállapotok:

- hibaáram figyelő ellenőrzése
- hibaáram figyelő hiba
- hibaáram figyelő hiba jelzése töltés alatt

- hibaáram figyelő hiba jelzése töltés végen
- E állapot
- F állapot
- Szellőztetést igényel a töltés
- Dióda
- Rögzítés
- PP
- Fogyasztás mérő hiba
- MQTT kapcsolat megszakadt

A vezérlő program ezen adatokat egy SQL adatbázisban tárolja. A vezérlőprogram továbbá a töltések engedélyezését, szüneteltetését és a töltőáramok meghatározását végzi. Folyamatosan figyelemmel kíséri az ingatlan fogyasztását, és ez alapján kalkulálja ki töltőpontok maximális áramát. Ha például tölt egy autó, és az ingatlanban nincs fogyasztás akkor maximális áramot engedélyez a rendszer. Amint közelítünk a névleges kapacitás értékéhez (pl. bekapcsoljuk a sütőt), úgy elkezdi visszavenni a töltőáramot. Abban az esetben, ha nincs szabad kapacitás, akkor szünetelteti töltést.

A vezérlőprogram nem csak egy töltőt vezérel és számos más feladata van. Kezeli az új töltésigényeket, hiszen, ha új belépő van akkor neki allokálni kell energiát. Ez kétféleképpen történhet. Az egyik lehetőség a meglévő kapacitás újra osztása. Ilyenkor bizonyos töltők maximális árama csökkentésre kerül, és az így felszabadult kapacitás szerint már megkezdheti a töltést az új belépő. Abban az esetben, ha nincs szabad kapacitás, akkor valamelyik töltést szüneteltetni kell. Jelenleg a legrégebben töltő autó kerül szünet állapotra. Nem maradhat azonban végtelen ideig szünet állapotban, hiszen a célunk, hogy ne legyen töltetlen autó. Ismét két lehetséges út van.

Abban az esetben, ha szabadul fel kapacitás és van szünetelő töltő akkor visszakerül a töltésbe. Ha nincs szabad kapacitás, akkor 30 perc szünet után kivételre kerül egy töltő és visszakerül a legrégebben szünetelő töltő. Ha szabadul fel kapacitás és nincs szünetelő töltő akkor adaptívan növeli a töltők maximális áramértékét. A teljesítményszabályozást a vezérlőprogram MQTT protokoll segítségével tudatja a vezérlőkkel. A vezérlőprogramnak még detektálnia kell a hálózati hibákat is. Abban az esetben, ha leszakad egy töltő akkor annak töltését azonnal be kell szüntetni. Ezt a töltésvezérlő végzi, a szerveren lévő vezérlőprogram pedig kiveszi a listából és leállítja a számlázást. A rendszer alkalmas hiba esetén felhasználó értesítésére, valamint számlázási funkciókat is tartalmaz.

A rendszer egy független WEB interfészen keresztül csatlakozik az adatbázishoz a teljes menedzsment megvalósítása érdekében.

5. WEB interfész

Egy ilyen rendszer üzemeltetése során elkerülhetetlen a felhasználói/üzemeltetői interakció. A választásunk egy WEB UI létrehozására esett, ahol a teljes rendszer menedzselhető. A fejlesztés során folyamatosan szem előtt tartottuk a korszerű trendeket és a mobilkompatibilitást. A web elérés háromszintű hozzáférést biztosít.

- Felhasználói
- Üzemeltetői
- Rendszertelepítői

A felhasználói szint a legalacsonyabb joggal rendelkező. Itt minden felhasználó kap egy fiókot, ahol real-time tekintheti meg a parkolóhelyének adatai és korábbi töltéseit.

Státusz

Parkolóhely	I1	I2	I3	Autó csatlakoztatva	Töltés folyamatban	Szünet
TESZT	0	0	0	Autó nincs csatlakoztatva	-	-
A9	0	0	0	Autó nincs csatlakoztatva	-	-
A10	0	0	0	Autó nincs csatlakoztatva	-	-

Töltések

Exportálás

Energia egysége (kWh) 0

Parkolóhely kiválasztása TESZT

Kezdő dátum: yyyy. hh. nn. Záró dátum: yyyy. hh. nn. EXPORT

Utolsó 25 töltés

Név	MAC	Start	Stop	Kezdő óráállás [kWh]	Záró óráállás [kWh]	Felhasznált energia [kWh]
TESZT2aabbccdeeff		2022-10-24 14:52:30	2022-10-24 15:07:27	0	0	0
TESZT2aabbccdeeff		2022-10-24 14:52:28		0	0	0

Regisztráció

REGISZTRÁCIÓ BEJELENTKEZÉS ELFELEJTETT JELSZÓ

Regisztrált e-mail cím

Jelszó

Bejelentkezés

23. ábra Felhasználói hozzáférés

Az üzemeltetői felület közepes jogosultsággal rendelkezik. Itt lehetséges a felhasználók kezelése, a parkolóhelyek nevesítése és felhasználóhoz rendelése. A teljes parkoló számlázási funkciója itt kérdezhető le, és exportálható Excel formátumban. Az üzemeltető megtekintheti a rendszer aktuális állapotát, azonban a paramétereket nem változtathatja meg.

Rendszer állapot

> L1 fázis

Név	MAC	I max [A]	I1 valós [A]

> L2 fázis

Név	MAC	I max [A]	I2 valós [A]

> L3 fázis

Név	MAC	I max [A]	I3 valós [A]

> Szünetelő töltők

Név	MAC	Szünet érvényességi ideje

> Összegzés

Utolsó adat	I1 max [A]	Σ Bejövő áram I1 [A]	Σ Töltők árama I1 [A]	Lakás áramfelvétele I1 [A]
2022-08-18 12:54:47	25	14.72	0	14.72
Utolsó adat	I2 max [A]	Σ Bejövő áram I2 [A]	Σ Töltők árama I2 [A]	Lakás áramfelvétele I2 [A]
2022-08-18 12:54:47	25	7.92	0	7.92
Utolsó adat	I3 max [A]	Σ Bejövő áram I3 [A]	Σ Töltők árama I3 [A]	Lakás áramfelvétele I3 [A]
2022-08-18 12:54:47	25	15.54	0	15.54

24. ábra Rendszerállapot

A rendszertelepítő a legmagasabb jogosultsággal rendelkezik. Képes dinamikusan állítani a rendszer paramétereit (kiépítés típusa, fogyasztásmérő elhelyezkedése, maximális rendszerkapacitások beállítása). Lehetősége van töltő regisztrálására/eltávolítására, valamint tiltására. Teljes rendszernaplót megtekintheti és kezeli az üzemeltetőket.



25. ábra Rendszertelepítői beállítások

A rendszerről működéséről teljes naplózás készül. A töltési adatok egy évig eltárolásra kerülnek.

6. A rendszer tesztelése, próbaüzeme és a továbbfejlesztési irányok

A megvalósított rendszert több mint két hónapos tartós teszt alá vetettük. 10 darab töltőt telepítettünk egy cég udvarára, ahol a lakóház szerepét egy gyáregység töltötte be. Ez a választás azért volt indokolt, hiszen az üzemcsarnokban nagyfogyasztású gépek dolgoztak, (CNC, hidraulikus prés...), amelyek jól szimulálták a hirtelen ingadozó lakóházi áramigényt. A tesztelés során folyamatosan javítottuk a felmerülő kisebb hibákat. A teszt során egyszer sem történt bejövő áram túllépés, valamint 96 töltésből 96 sikeresen lezajlott.

A rendszer validálása után egy élesben működő rendszer kiépítése következik. 2023. januárjában egy parkolóházban kerül kiépítésre a rendszer, ahol első körben 50, majd összesen várhatóan 200 töltőpont kerül letelepítésre.

A továbbiakban szeretnénk implementálni az OCCP-t (Open Charge Point Protocol). A parkolóhelyeket kiegészítjük RFID azonosítással, amely a számlázásba is bekerül. Igény van mobilalkalmazás fejlesztésére is. Az EMC kiesése jelenleg a rendszer üzemszünetét eredményezi, ezért annak redundáns kivitelezése már folyamatban van. A helyszínre járás elkerülése érdekében távoli firmware frissítés lehetőséget fogunk biztosítani. Jelenleg hiba esetén e-mail értesítést kap a felhasználó, azonban ezt szeretnénk SMS küldéssel is kiegészíteni a reagálási idő minimalizálása érdekében. A havi számlák lekérdezése könnyedén automatizálható és egyedileg küldhető, azonban ez sem került még kialakításra.

7. Összegzés

Összeségében elmondhatjuk, hogy sikerült megvalósítanunk egy olyan töltés vezérlőt, amely képes önállóan és rendszerben is működni. Az általunk készített vezérlő rendelkezik minden olyan tulajdonsággal, amely elvárható napjainkban. Önálló működés esetén a WiFi kapcsolat segítségével könnyedén kezelhető, ezért a lakosági egy darabos kiépítésnek megfelel olcsósága és praktikussága miatt. Rendszerbe telepítve pedig egy olyan adaptív rendszert kapunk, amely alkalmas a különböző terhelési csúcsokra reagálni, így biztosítva azt, hogy a bejövő kapacitást semmiképpen ne lépjük túl, de az autók mindenképpen töltődjenek.

Források

- [1] Újabb rendszerterhelési rekord,
https://aszodiattila.blog.hu/2019/01/09/ujabb_rendszerterhelesi_rekord_a_2018-as_ev_gyors_elemezese, Megtekintve: 2022.10.18.
- [2] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet
Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról,
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0600007.tnm>, Megtekintve: 2022.11.04.
- [3] EV Car Charging Station Solutions, <https://www.etek-electric.com/solutions/>, Megtekintve: 2022.10.29.
- [4] IEC 61851-25:2020, <https://webstore.iec.ch/publication/31531>, Megtekintve: 2022.11.02.