جمعية تقنيات المركبات الكهربائية
Electric Vehicle Technologies

هل تتحمل الشبكة الكهربائية انتشار المركبات الكهربائية؟

إعداد/ د. ياسر عبيد الله السلمي

جمعية تقنيات المركبات الكهربائية
21-07-2026

أجندة اللقاء

02

1. مقدمة عن العلاقة بين المركبات الكهربائية والشبكة الكهربائية
2. تأثير عملية شحن المركبات الكهربائية على الأحمال الكهربائية
3. مدى استيعاب الشبكة الكهربائية للانتشار المتزايد للمركبات الكهربائية
4. ماذا تقول الدراسات المنشورة؟
5. الخاتمة والأسئلة والنقاش

1 مقدمة عن العلاقة بين المركبات الكهربائية والشبكة الكهربائية

المركبة الكهربائية تغيّر العلاقة بين النقل والطاقة

- **السيارة التقليدية** (علاقة المركبة بالبنية التحتية تكون غالباً في محطة الوقود.)
- **السيارة الكهربائية** (العلاقة تمتد إلى المنزل، الحي، المحول، ومحطات التوزيع والتوليد.)
- كل عملية شحن تضيف طلباً كهربائياً جديداً يجب أن يصل في **الوقت** و**المكان** المناسبين.

من الشبكة إلى بطارية السيارة :رحلة الطاقة

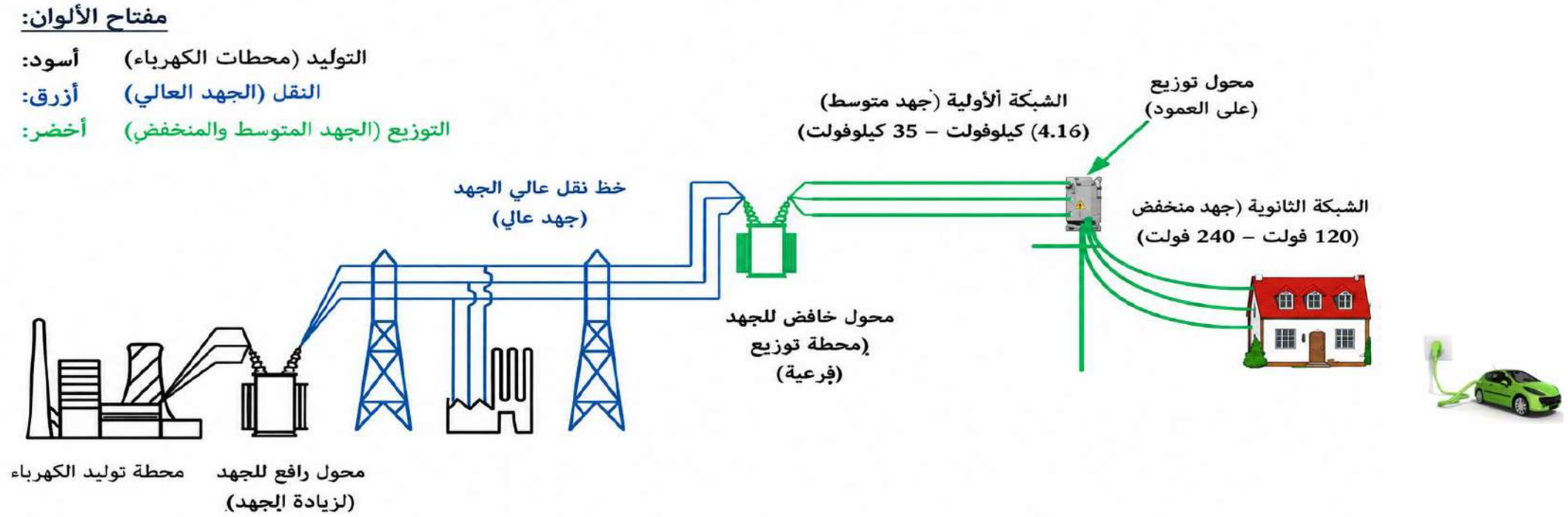
شاحن المركبة
تحويل الطاقة للبطارية

لوحة المنزل
توزيع داخلي للأحمال

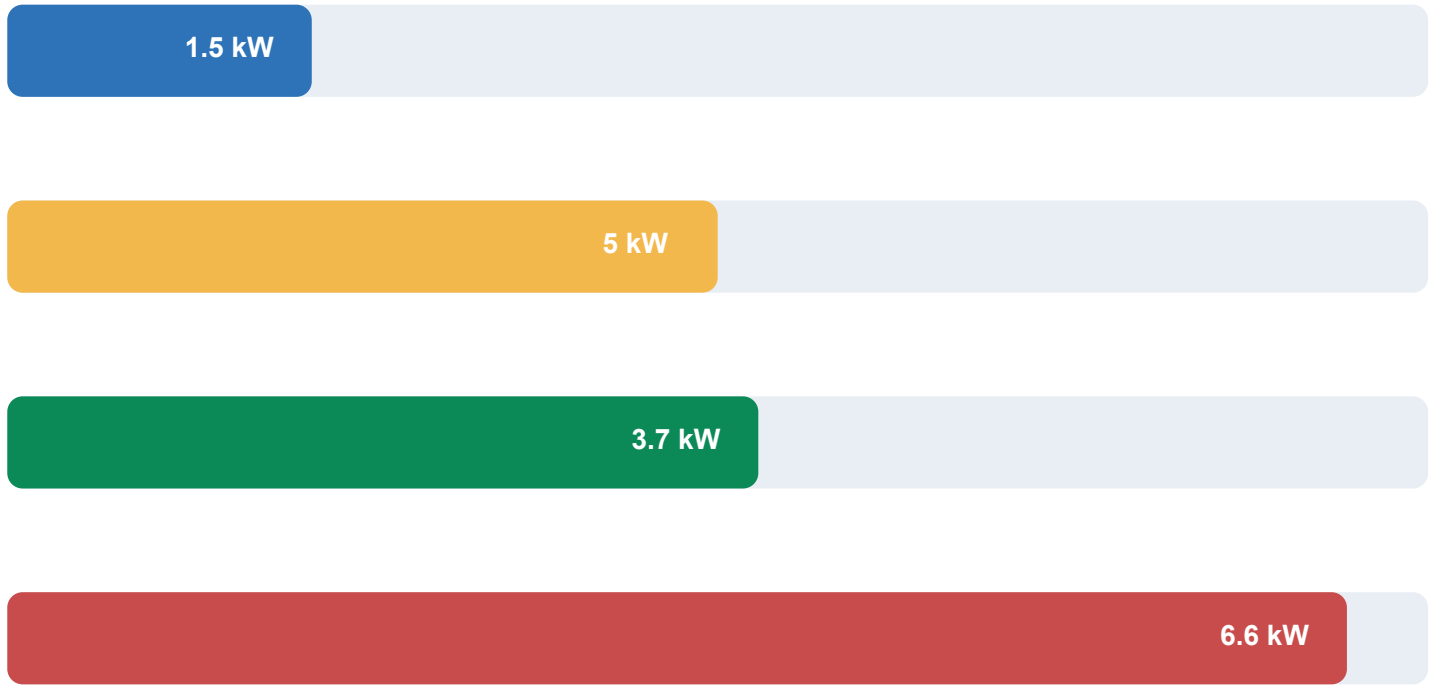
محول الحي
آخر نقطة حرجة غالباً

محطة توزيع
خفض الجهد وتوجيه الطاقة

الشبكة الرئيسية
محطات توليد ونقل



حمل المنزل وحمل السيارة الكهربائية :مقارنة مبسطة



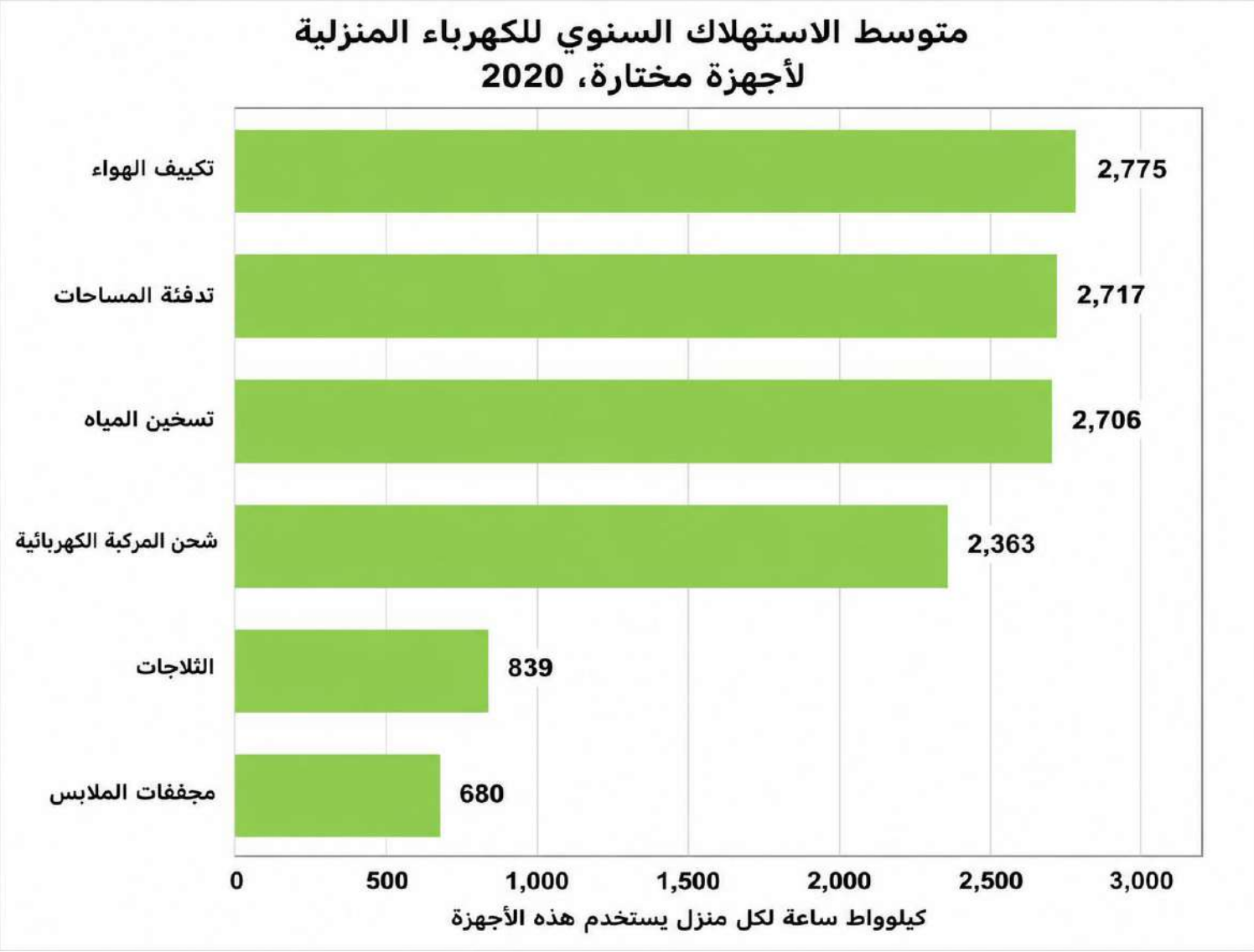
أحمال خفيفة في المنزل:
أجهزة +ثلاجة +إنارة

تشغيل أجهزة عالية
مثل التكييف أو السخان

شاحن سيارة كهربائية
Level II 3.7 kW

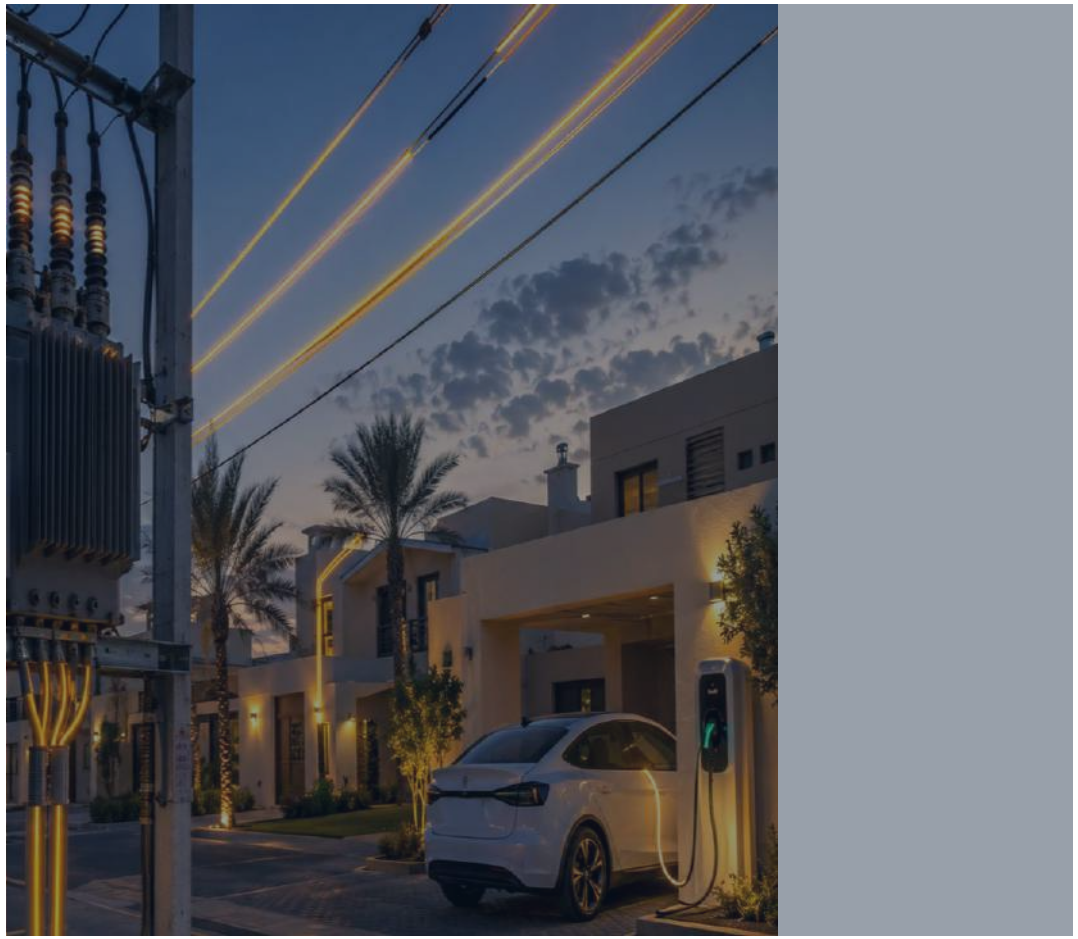
شاحن سيارة كهربائية
Level 2: 6.6 kW

حمل المنزل وحمل السيارة الكهربائية :مقارنة مبسطة



المرجع:
U.S. Energy Information Administration

أين يظهر تأثير شحن المركبات؟



داخل المنزل
لوحة التوزيع، القواطع، الأحمال المتزامنة

في الحي
محول التوزيع والكابلات ومستوى الجهد

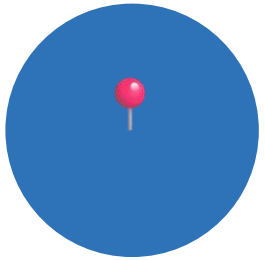
على المغذي (Feeder)
تجمع أحمال عدة أحياء ومحطات شحن

على النظام العام
توقيت الذروة والاحتياطي والتخطيط طويل المدى

أقرب نقطة حرجة غالباً
محول الحي وشبكة التوزيع المنخفضة

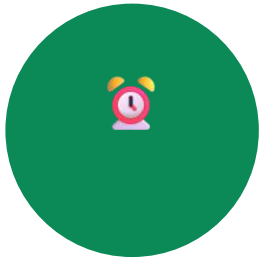
العلاقة بين المركبة والشبكة لها ثلاثة أبعاد

القدرة وحدها لا تكفي للحكم على الأثر



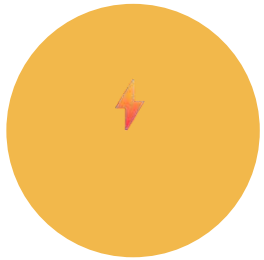
المكان

في أي حي أو مغذٍّ أو موقف عام يحدث الشحن؟



الزمن

متى يبدأ الشحن؟ وهل يتزامن مع ذروة الأحمال؟



القدرة

كم يسحب الشاحن كيلو واط من الشبكة؟ وكم سيارة تشحن معاً؟

المركبة الكهربائية قد تكون تحدياً أو فرصة

قد تصبح تحدياً عند

- تزامن شحن عدد كبير من السيارات بعد العودة للمنزل.
- استخدام شواحن عالية القدرة في أحياء ذات محولات محدودة.
- غياب إدارة الأحمال أو التسعير المحفز لتغيير وقت الشحن.

وتصبح فرصة عند

- توجيه الشحن إلى أوقات أقل ضغطاً على الشبكة.
- دمج الشحن مع الطاقة الشمسية والتخزين المنزلي.
- تحويل السيارة مستقبلاً إلى مصدر دعم عبر Vehicle-to-Grid.

2 تأثير عملية شحن المركبات الكهربائية على الأحمال الكهربائية

ما المقصود بأن الشحن "يزيد الحمل الكهربائي"؟

الحمل هو مقدار القدرة التي تطلبها الأجهزة من الشبكة في لحظة معينة

قبل الشحن
المنزل يسحب أحماله المعتادة: إنارة، أجهزة، تكييف، سخان، ثلاجة وغيرها.

أثناء الشحن
يضاف حمل جديد مستمر لعدة ساعات، وغالباً يكون أكبر من حمل كثير من الأجهزة المنزلية المنفردة.

بعد اكتمال الشحن
ينخفض الحمل مرة أخرى، لذلك يصبح توقيت الشحن عاملاً مهماً جداً في إدارة الضغط على الشبكة.

**عندما تبدأ السيارة بالشحن،
تظهر كجهاز كهربائي كبير متصل بالمنزل أو محطة الشحن.**

الحمل الكلي في المنزل = الأحمال المنزلية المعتادة + حمل شحن السيارة.

مفهومان أساسيان: القدرة والطاقة

لفهم شحن المركبات الكهربائية لابد من التفريق بين kWh و kW

kWالقدرة

هي مقدار السحب اللحظي من الشبكة.
يعني أن الشاحن ذو ٦,٦ كيلو واط يتطلب ٦,٦ كيلو واط أثناء عمله.

kWhالطاقة

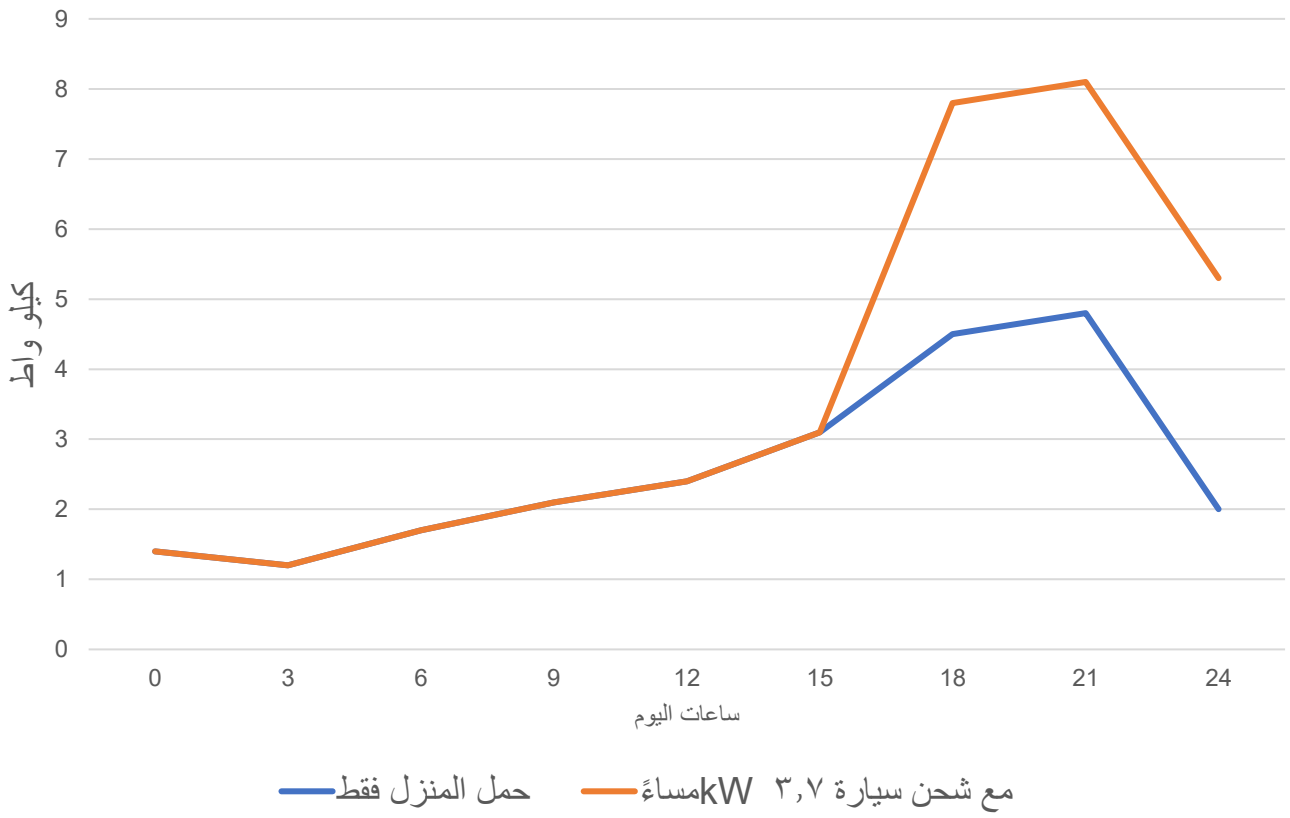
هي كمية الكهرباء المستهلكة خلال فترة زمنية.
مثال: عند شحن المركبة الكهربائية بإستخدام شاحن ٦,٦ كيلو واط لمدة ٤ ساعات يستهلك ٢٦,٤ kWh

٦,٦ كيلو واط × ٤ ساعات = ٢٦,٤ كيلو واط ساعة

القدرة تحدد الضغط اللحظي على الشبكة، والطاقة تحدد كمية الشحن التي دخلت البطارية.

كيف يغيّر الشحن شكل منحنى حمل الاستهلاك الكهربائي اليومي؟

الأثر يظهر بوضوح عندما يحدث الشحن خلال فترة الذروة المسائية



ما الذي حدث؟

- الحمل الأساسي يرتفع مساءً بسبب عودة الناس للمنازل وتشغيل الأجهزة والتكييف.
- عند إضافة الشحن في نفس الفترة، تصبح الذروة أعلى وأطول.
- ارتفاع الذروة يرفع احتمال تحميل المحولات والكابلات وانخفاض الجهد في أطراف الشبكة.

مثال حسابي مبسط: ماذا تضيف سيارة واحدة؟

1

قدرة الشاحن

٦,٦kW

2

مدة الشحن

٤ ساعات

3

الطاقة المضافة

٢٦,٤kWh

4

الأثر اللحظي

إضافة ٦,٦ إلى kW
حمل المنزل أثناء الشحن

النقطة المهمة ليست فقط كمية الطاقة التي تحتاجها البطارية، بل القدرة التي تسحبها السيارة خلال ساعات الشحن. كلما زادت القدرة أو زاد عدد السيارات المتزامنة، ارتفع الحمل اللحظي على الشبكة المحلية.

إذا كانت السيارة تشحن ليلاً في وقت منخفض الأحمال، يكون الأثر عادة أقل من الشحن في فترة الذروة المسائية.

من سيارة واحدة إلى حي كامل: أثر التزامن

سيارة واحدة	٦,٦kW	أثر محدود غالباً على مستوى الحي
١٠ سيارات	٦٦kW	قد تصبح قريبة من حمل عدة منازل مجتمعة
٣٠ سيارة	١٩٨kW	قد تسبب ضغطاً واضحاً على محول التوزيع

الأثر الحقيقي لا يعتمد على عدد السيارات فقط، بل على
١- قدرة الشاحن ٢- توقيت الشحن ٣-بطارية السيارة ومواصفاتها ٤- مدة الشحن ٥- حمل المنزل في نفس الوقت.

لماذا وقت الشحن مهم جداً؟

نفس كمية الطاقة قد تكون مقبولة أو مزعجة للشبكة حسب وقتها

بعد العودة للمنزل

قد يتزامن مع الذروة المسائية: أجهزة منزلية + تكييف + شحن سيارة.

منتصف الليل أو الفجر

غالباً تكون الأحمال أقل، فيصبح الشحن أقل ضغطاً على الشبكة.

أثناء توفر الطاقة الشمسية

قد يكون مناسباً في مواقع معينة إذا توفر شحن نهاري أو تخزين.

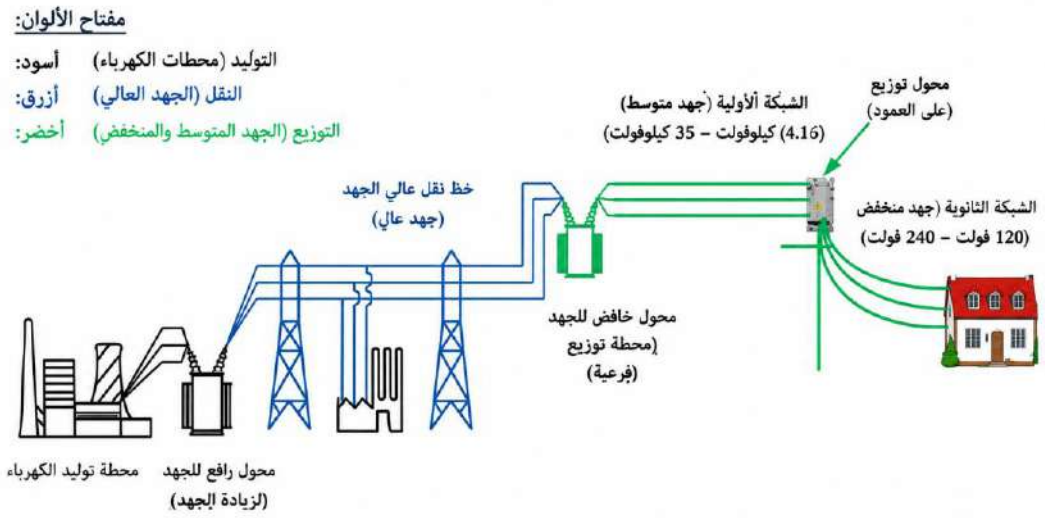
الشحن في وقت الذروة يرفع القمة،
والشحن خارج الذروة يوزع الحمل .

3 مدى استيعاب الشبكة الكهربائية للانتشار المتزايد للمركبات الكهربائية

ما المقصود بأن الشبكة " تستوعب" المركبات الكهربائية؟

2 جودة الجهد
هل يبقى الجهد ضمن الحدود المقبولة عند المنازل ونقاط الشحن؟

1 القدرة الكهربائية
هل توجد قدرة كافية لتغذية الأحمال الجديدة دون تحميل زائد؟



3 عمر المعدات
هل ترتفع حرارة المحولات والكابلات بما يسرع تقادمها؟

4 استمرارية الخدمة (Reliability)
هل يؤثر الشحن على موثوقية التغذية عند الذروة أو الأعطال؟

الاستيعاب الحقيقي يعني ألا يتجاوز أي جزء من منظومة الكهرباء حدوده التشغيلية.

هل الحل هو بناء شبكة أكبر فقط؟ ليس دائمًا

1 حلول تشغيلية

شحن ذكي، أسعار زمنية، جدولة، وحدود مؤقتة وقت الذروة.

2 حلول تقنية محلية

تخزين منزلي أو مجتمعي، تكامل مع الطاقة الشمسية، وإدارة الأحمال.

3 حلول بنية تحتية

ترقية المحولات والكابلات عند المواقع التي تظهر فيها الحاجة.

4 حلول معلوماتية

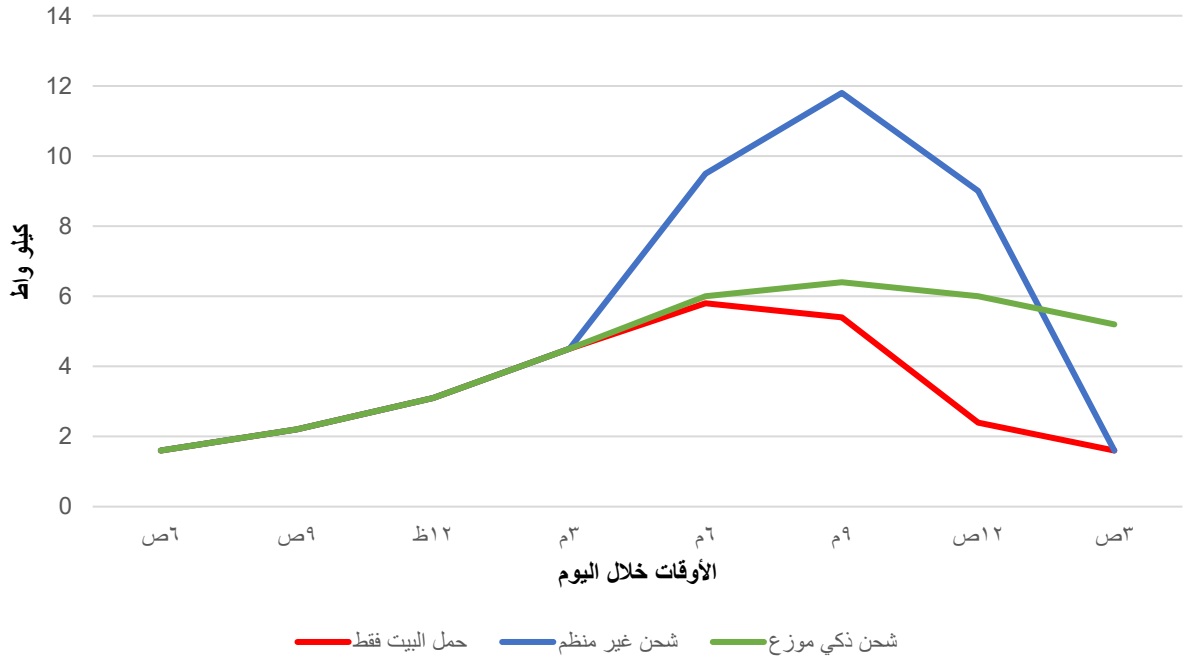
عدادات ذكية، خرائط قدرة استيعابية،وتوقعات نمو المركبات.

النهج الأفضل Optimum: استخدام حلول إدارة الأحمال أولًا، ثم تنفيذ الترقيات في المواقع التي تحتاجها فعلًا .

الاستيعاب يرتفع عندما ندير الأحمال بدلًا من تركها عشوائية.

دور الشحن الذكي (Smart Charging) في رفع قدرة الشبكة على الاستيعاب

الشحن الذكي (Smart Charging) لا يعني أن المركبة لن تشحن؛ بل يعني أنها تشحن بطريقة تحقق احتياج المستخدم دون زيادة غير ضرورية على ذروة الشبكة.



1. تأجيل جزء من الشحن إلى ساعات أقل ازدحامًا
2. خفض قدرة الشحن مؤقتًا عندما يقترب المحول من حدوده
3. إعطاء الأولوية للمستخدم الذي يحتاج مغادرة مبكرة أو شحنًا أعلى
4. تنسيق الشحن مع إنتاج الطاقة الشمسية بالتزامن مع استخدام أنظمة تخزين الطاقة

على مستوى المستخدم :الشحن الذكي يحافظ على الراحة وعلى مستوى الشبكة يقلل الحاجة للتوسعات المكلفة.

دور الشحن الذكي (Smart Charging) في رفع قدرة الشبكة على الاستيعاب

شحن غير منظم مقابل شحن مدار :سيناريوهين مختلفين تمامًا

شحن غير منظم

- المركبات تبدأ الشحن فور الوصول
- تجمع الأحمال في ساعات محددة
- احتمال أعلى لانخفاض الجهد وتحميل المحولات

شحن مدار وذكي

- توزيع الشحن على ساعات مختلفة
- تخفيض أو تأجيل الشحن وقت الذروة
- إعطاء أولوية للمركبات التي تحتاج الشحن أكثر

نفس عدد المركبات
لكن الأثر مختلف

دور الشحن ثنائي الاتجاه :من السيارة إلى الشبكة أو المنزل

في الشحن التقليدي تنتقل الطاقة من الشبكة إلى السيارة .أما في V2H/V2G فيمكن للبطارية أن تدعم المنزل أو الشبكة عند الحاجة وفق ضوابط فنية وتنظيمية.

V2H

Vehicle-to-Home
تشغيل بعض أحمال المنزل عند الحاجة أو أثناء ارتفاع السعر.

V2G

Vehicle-to-Grid
تقديم دعم للشبكة مثل تخفيف الذروة أو خدمات المرونة.

هذه التقنيات واعدة، لكنها تحتاج شواحن مناسبة، بطاريات تدعم التفريغ، اتفاقيات تعويض، ومعايير أمان وربط.

4 ماذا تقول الدراسات المنشورة؟

الدراسة رقم ١

Impact of Second-Generation Plug-In Battery Electric Vehicles on the Aging of Distribution Transformers Considering TOU Prices

Yasser O. Assolami, *Student Member, IEEE*, and Walid G. Morsi, *Member, IEEE*

Abstract—This paper investigates the impact of second-generation (SG) plug-in battery electric vehicles (PBEVs) on distribution transformer's insulation life considering the time-of-use (TOU) prices. The effect of dual Level 2 charging, 3.7 kW, and 6.6 kW on the loss of life (LOL) of a distribution transformer is also studied. The LOL results demonstrating the effectiveness of SG PBEVs charging as two clusters versus one cluster are discussed and conclusions are drawn.

Index Terms—Aging, Monte Carlo (MC) methods, power distribution.

I. Introduction

PLUG-IN BATTERY electric vehicles (PBEVs) use only electricity for propulsion through an onboard battery and an electric motor. The first generation (FG) of PBEVs is characterized by the limited electric driving range (EDR) due to the limited capacity of the onboard batteries. For example, in 2011 Nissan launched its first PBEV known as Leading, Environmentally friendly, Affordable, Family car (LEAF) with EDR of 73 miles (117 km) as rated by the United States Environmental Protection Agency (EPA) [1]. From a customer's perspective, the EDR autonomy represents the main factor contributing to customers being reluctant to purchase FG PBEVs. In response to the customers' concerns, second-generation (SG) PBEVs emerge and several automakers have extended the EDR by increasing the battery capacity. In order to alleviate the EDR anxiety concern, Nissan has extended the EDR of their vehicles to be 84 miles (140 km) and also Tesla has launched the S model with EDR [265 miles (426 km)] [2]. As a result, PBEVs' sales in the United States have peaked in 2013 and 2014 to reach 52 810 and 34 950 vehicles for SG Nissan LEAF and Tesla S [3], respectively.

A. Statement of the Problem

From an electric power distribution system (EPDS), PBEVs generally represent an additional load that must be supplied by the distribution transformers already serving existing loads.

Moreover, due to the increased capacity of the onboard batteries in SG PBEVs (e.g., 85 kWh in case of Tesla S) compared to FG (e.g., 53 kWh in case of Tesla Roadster), the energy required by the onboard batteries increases, which may increase the thermal loading on distribution transformers and hence may reduce their insulation lifetime.

B. Work to Date

The work presented in the literature is limited only to FG PBEVs and is summarized as follows.

1) *Impact of FG PBEVs on Distribution Transformers' Overload:* Studies [4]–[9] focused on assessing the impact of plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) on distribution transformers by quantifying the number of distribution transformers experiencing overload during a typical day. The outcome of these studies has raised a red flag regarding the number of distribution transformers that may experience overload during the hours at which PHEVs charge. However, these studies did not consider either PBEVs which may result into more overloads to distribution transformers or the thermal effect on the distribution transformers' insulation life. Studies [10] and [11] quantified the distribution transformer loading due to FG PHEVs and PBEVs, but again the thermal loading effect on the distribution transformer loss of life (LOL) has not been considered.

2) *Impact of FG PBEVs on Distribution Transformers LOL:* Yunus *et al.* [12] developed a stochastic model for plug-in electric vehicles (PEVs) charging and used it to study the impacts on distribution transformer loading. Their stochastic model is based on the assumption that the customers' driving behaviors follow a normal distribution. Also, the maximum battery capacity considered in the study was 55 kWh, which provides 160 miles for the Tesla Roadster model. Gong *et al.* [13] studied the impact of PEV charging on a 25-kVA transformer's insulation life. Six vehicles consisting of Chevy Volt (PHEV) and Nissan LEAF (PBEV) are used in the study. Yan and Kezunovic [14] focused on the effect of various PHEV/PBEV charging scenarios on the LOL of distribution transformer. Two representative auto models of FG electric vehicles were used: 1) Chevy Volt (PHEV) with 35 miles EDR and 2) Nissan LEAF (PBEV) with 73 miles EDR. The study also assumed fixed hours for charging and hence no diversity was considered. Gielen and Islam [15] studied the impact of PBEVs, specifically the 2012 models of Nissan LEAF and Tesla Roadster on distribution transformer's LOL. Qian *et al.* [16] studied the effect of high penetration level

Manuscript received March 31, 2015; revised June 25, 2015; accepted July 17, 2015. Date of publication August 26, 2015; date of current version September 16, 2015. Paper no. TSTE-00222-2015.

The authors are with the Department of Electrical Engineering, University of Ontario Institute of Technology (UOIT), Oshawa, ON L1H7K4, Canada (e-mail: walid.morsi@uoit.ca).

Color versions of one or more of the figures in this paper are available online at http://ieeexplore.ieee.org.

Digital Object Identifier 10.1109/TSTE.2015.2460014

1949-3029 © 2015 IEEE. Personal use is permitted, but republication/redistribution requires IEEE permission.
See http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html for more information.

Assolami, Y. O., & Morsi, W. G. (2015). Impact of Second-Generation Plug-In Battery Electric Vehicles on the Aging of Distribution Transformers Considering TOU Prices. IEEE Transactions on Sustainable Energy.

أهداف الدراسة:

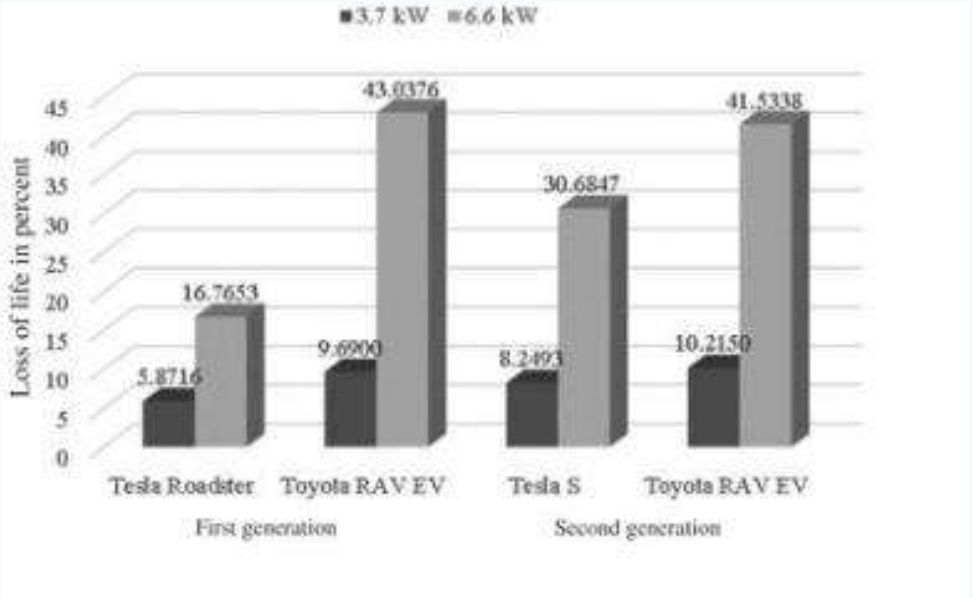
- دراسة تأثير شحن السيارات الكهربائية ذات بطاريات كبيرة السعة على العمر الافتراضي لمحولات التوزيع في الأحياء السكنية.
- دراسة تأثير الشاحن الذكي (Smart Charging) على العمر الافتراضي لمحولات التوزيع في الأحياء السكنية.

الدراسة رقم ١

١. دراسة تأثير شحن السيارات الكهربائية ذات بطاريات كبيرة السعة على العمر الافتراضي لمحولات التوزيع في الأحياء السكنية.

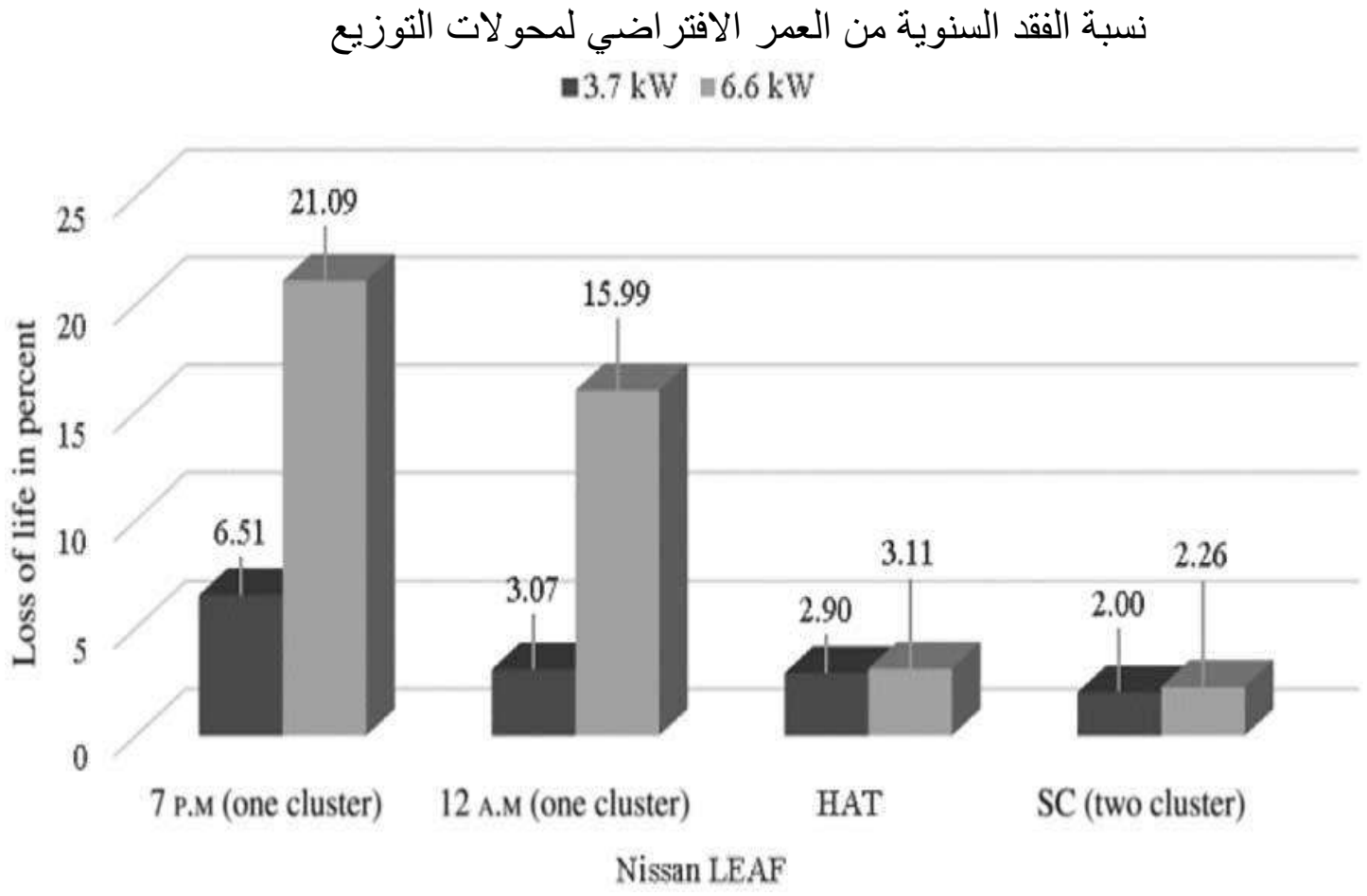
الطراز/الشركة	الجيل	سعة البطارية (كيلوواط ساعة)	استهلاك الطاقة (كيلوواط /ميل/ساعة)	مدى القيادة الكهربائي (ميل)
Nissanنيسان ليف LEAF	الجيل الثاني	24	0.30	84
Teslaتسلا رودستر Roadster	الجيل الأول	53	0.28	244
Tesla Sتسلا إس	الجيل الثاني	85	0.38	265
RAV EVتويوتا	الجيل الأول	27.4	0.43	95
RAV EVتويوتا	الجيل الثاني	41.8	0.44	103

نسبة الفقد السنوية من العمر الافتراضي لمحولات التوزيع



الدراسة رقم ١

٢. دراسة تأثير الشاحن الذكي (Smart Charging) على العمر الافتراضي لمحولات التوزيع في الأحياء السكنية.



الدراسة رقم ٢

Impact on Voltage Quality and Transformer Aging of Residential Prosumer Ownership of Plug-In Electric Vehicles: Assessment and Solutions

Yasser O. Assolami, *Student Member, IEEE*, Ahmed Gaouda, *Member, IEEE*, and Ramadan El-shatshat, *Senior Member, IEEE*

Abstract—The effects of climate change have resulted in the increased deployment of plug-in electric vehicles (PEVs), solar photovoltaic (PVs), and energy storage system penetration levels in the residential sector. The integration of these resources with accurate stochastic models is expected to affect the assessment of the electrical distribution system (EDS) assets. This study proposes a new framework for evaluating and enhancing voltage quality, distribution transformer (DT) overload, and aging, while considering residential prosumer ownership of PEVs. The proposed work develops a probabilistic power flow in order to investigate the impact of the stochastic nature of PEVs, PVs, and conventional load. In this work, the residential premises are modeled for supply through a detailed secondary distribution system, which is integrated as a part of the EDS. This article enhances the existing research through the inclusion of PEV spatial–temporal (SAT)-charging activities into the assessment models of DT overload and aging, voltage imbalance, and voltage deviation. The proposed framework provides a more realistic life expectancy for DTs compared with a simplified model in the literature. The results indicate that the use of the proposed SAT-based approach has reduced DT lifetime to 6.30 years from 7.92 years for the same PEV-penetration level.

Index Terms—Electrical distribution system (EDS), plug-in electric vehicles (PEVs), residential prosumer, transformer aging, voltage imbalance (VI).

I. Introduction

IN AN effort to address the concerns related to climate change, there has been a substantial change in both the transportation and residential sectors. Although the transportation sector has previously been limited to conventional gasoline reliant vehicles, there has been a recent shift toward the use of electric vehicles (EVs), powered by electricity. EV is a general term that may or may not include vehicles that primarily depend on recharging their batteries from the electrical grid, whereas plug-in electric vehicles (PEVs), which are a subgroup of EVs, are classified into vehicles that are recharged from the power grid [1]. Many governments have launched incentive programs for PEV buyers and, as such, the number of PEV sales has risen, with an increase from 199 826 to 361 307 in the United States (US) between 2017 and 2018 [2]. Globally, there has also been a dramatic increase in sales. In the period 2013–2018, sales gradually increased to exceed 5.1 million [3]. For the residential sector in the US, a similar growth in solar photovoltaic (PV) panel installation saw PV capacity increase from 2227 to 2800 MW from 2017 to 2019 [4]. Further, there have also been significant advances in the development of home battery energy storage (HBES) technologies. As an example, Tesla has released a second generation of HBES that is double the size of the first generation [5]. The growth in HBES technology has led to an increase in the US residential energy storage system (ESS) market, from the second to the third quarter of 2019, and installations observed a 32% increase [6]. The presence of a PV and HBES within residential premises has changed the role of residential customers from consumers to prosumers (i.e., power producers and consumers). This shift with charging PEV loads has altered the shape of the electrical distribution system (EDS) while evaluating EDS assets is becoming more complicated. Performing an assessment task becomes challenging, as increasing the penetration levels of PVs, PEVs, and HBESs will introduce new and different kinds of electric loads and generation into the current infrastructure of EDSs. Unfortunately, PEV loads are not modeled as additional conventional loads but are instead stochastic in nature and influenced by the randomness of a driver behavior. As such, the development of a PEV demand model requires a reliable estimate of driving behavior, travel patterns, and PEV manufacturing specifications. Similarly, PV generation and conventional load are also stochastic in nature, resulting from the variation in weather and residential consumption. However, the addition of these elements to traditional EDS networks, which are not designed to accommodate these changes, will likely negatively impact EDS assets such as increasing distribution transformer (DT) overloading and aging degradation, and affecting the quality of the system voltage. As a result, it is necessary for utility companies to accurately assess and quantify EDS asset conditions, with a consideration of different penetrations of PEV with residential prosumers, and develop future necessary

Authorized licensed use limited to: University of Waterloo. Downloaded on July 17,2020 at 01:08:49 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

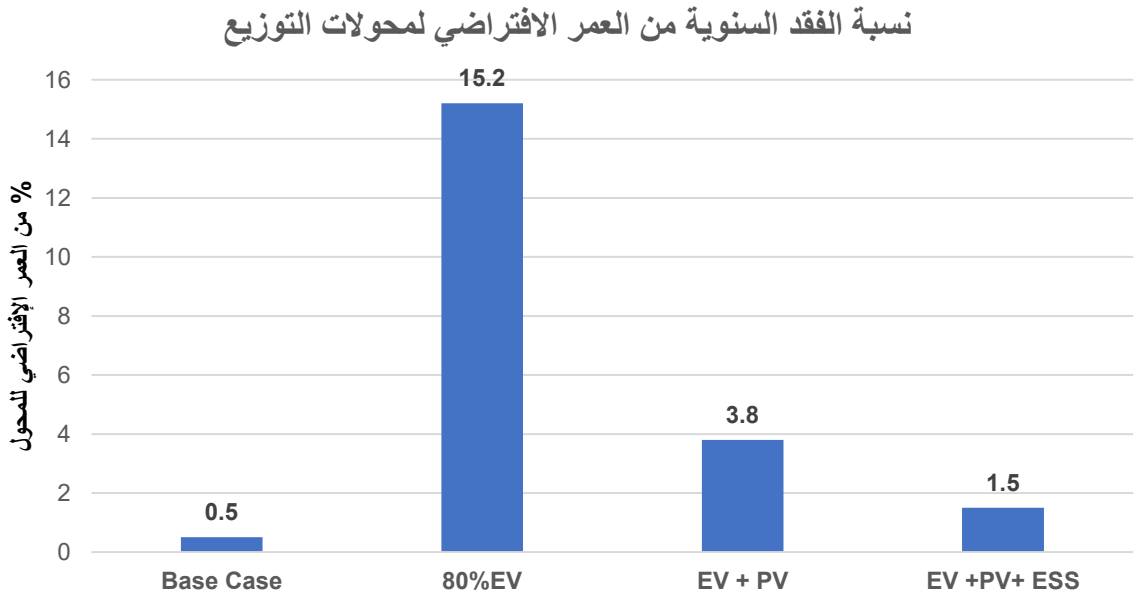
• Assolami, Y. O., Gaouda, A., & El-Shatshat, R. (2022). Impact on Voltage Quality and Transformer Aging of Residential Prosumer Ownership of Plug-In Electric Vehicles: Assessment and Solutions. IEEE Transactions on Transportation Electrification.

أهداف الدراسة:

- دراسة سلوك سائقي السيارات الكهربائية على شحنها وتأثيرها على العمر الافتراضي على محولات التوزيع.
- دراسة تأثير الطاقة الشمسية على العمر الافتراضي على محولات التوزيع في ظل شحن السيارات الكهربائية.
- دراسة تأثير تخزين الطاقة على العمر الافتراضي على محولات التوزيع في ظل شحن السيارات الكهربائية.
- دراسة جودة الجهد الكهربائي في ظل شحن السيارات الكهربائية.

الدراسة رقم ٢

- دراسة تأثير الطاقة الشمسية على العمر الافتراضي على محولات التوزيع في ظل شحن السيارات الكهربائية.
- دراسة تأثير تخزين الطاقة على العمر الافتراضي على محولات التوزيع في ظل شحن السيارات الكهربائية.



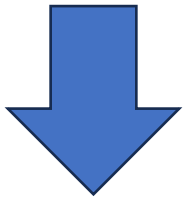
الدراسة رقم ٢

- دراسة جودة الجهد الكهربائي:

١- انخفاض أو ارتفاع الجهد

احتمالية تجاوز الحدود المسموح بها للجهد المنخفض (UV)والجهد المرتفع (OV)

	Base Case	80% EV	EV+PV	EV+PV+ESS
UV	0	0.0098	0.008	0.0014
OV	جميعها مع الحد الطبيعي			



المصدر:

ANSI C84.1 document allows deviation in the voltage within ±10% of nominal voltage

الدراسة رقم ٢

- دراسة جودة الجهد الكهربائي:

٢- عدم اتزان الجهد VI

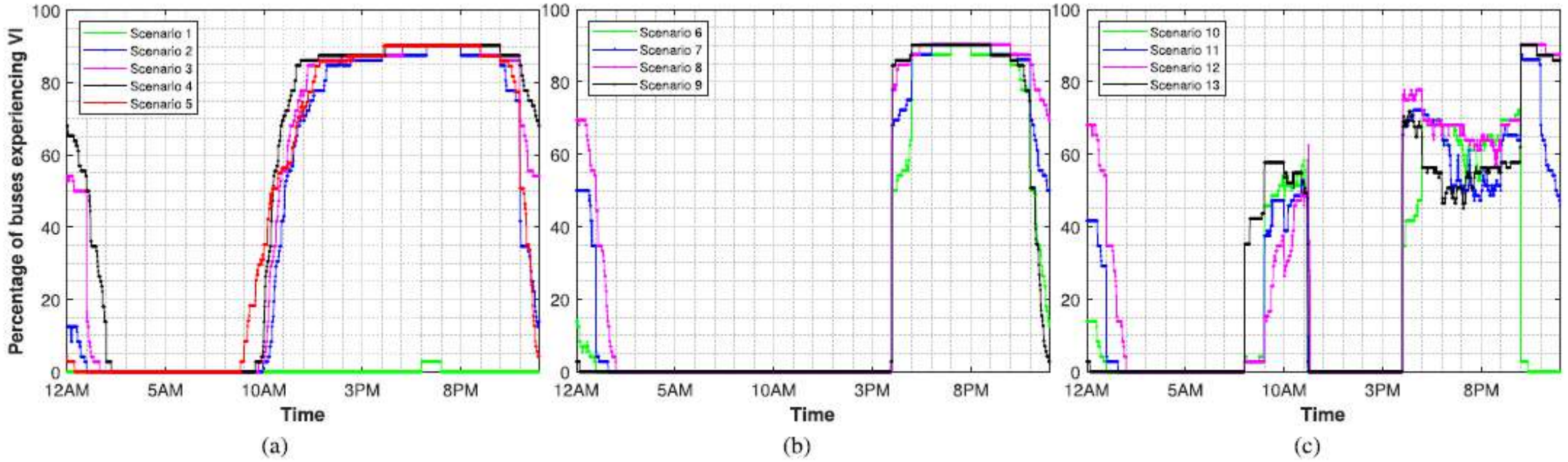


Fig. 7. Impact of different scenarios on the percentage of buses experiencing VI. (a) Different PEV penetration levels. (b) Different PEV penetration levels with 80% PV. (c) HBES with 80% PV and different penetration levels of PEV.

الدراسة رقم ٢

- دراسة سلوك سائقي السيارات الكهربائية على الشحن وتأثيرها على العمر الافتراضي على محولات التوزيع وجودة الجهد.

العمر المتبقي لمحولات التوزيع (سنة)	الفقد السنوي في عمر محولات التوزيع (LOL %)	احتمالية تجاوز حد الجهد المنخفض (UV)	احتمالية تجاوز حد عدم اتزان الجهد (VI)	احتمالية تجاوز حد التحميل الزائد لمحولات التوزيع	سلوك السائقين المستخدم
6.30	15.86	0.09	0.53	0.48	نمذجة سلوك السائقين بالاعتماد على السلوك الزماني والمكاني التفصيلي
7.92	12.61	0.07	0.47	0.44	نمذجة سلوك السائقين بناءاً على المسافة اليومية ووقت الوصول اليومي فقط

الخاتمة :هل تتحمل الشبكة؟

نعم، يمكن للشبكة أن تستوعب المركبات الكهربائية بشرط التخطيط والإدارة الذكية، خصوصًا في الأحياء السكنية.

ما هو الخطر؟	ما هو الحل؟
الشحن العشوائي والمتزامن، خصوصًا في أوقات الذروة أو عند بداية السعر المخفض، قد يرفع الحمل على المحولات ويؤثر على جودة الجهد.	الشحن الذكي، توزيع البداية، التحكم في القدرة، التعرفة الزمنية المصممة جيدًا، والطاقة الشمسية والبطاريات عند توفرها.

ما هي الرسالة العامة؟

المركبة الكهربائية ليست تهديدًا إذا أُديرت بشكل صحيح؛ بل يمكن أن تكون جزءًا من شبكة أكثر ذكاءً ومرونة واستدامة.

جلسة نقاش وأسئلة

شكرًا لكم