

## การวิเคราะห์ผลกระทบของการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

### Impact Analysis of Electric Vehicle Charging Posing on

### Provincial Electricity Authority Distribution Systems

ภูวดล ภูวดลแหวน<sup>1</sup> อนันต์ จันแสน<sup>1</sup> ภานิน ธนทวี<sup>1</sup> ภรชัย จูอนุวัฒน์กุล<sup>1</sup> และกษิเดช ทิพย์อมรวิวัฒน์<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

puwadol.puw@pea.co.th, the.anan@hotmail.com, thanatawee997@gmail.com, parachai.ju@spu.ac.th, kasidej.ti@spu.ac.th

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันแนวโน้มการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าแทนรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหรือแก๊สได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้าสามารถช่วยลดมลภาวะต่าง ๆ และมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลที่ตามมาคือทำให้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบจำหน่ายในเรื่องของระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบ และการรับโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า บทความนี้เป็นการนำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบของการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย โปรแกรม DIGSILENT PowerFactory ถูกใช้ในการจำลองระบบไฟฟ้าของหมู่บ้านแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานีในการวิเคราะห์ผลกระทบของการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าโดยพิจารณาถึงระดับแรงดันไฟฟ้า และการรับโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อหาจำนวนยานยนต์ไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถชาร์จได้ ผลของการจำลองพบว่าค่ากำลังไฟฟ้ายรวมและค่ากระแสไฟฟ้าจะแปรตามจำนวนการชาร์จของยานยนต์ไฟฟ้า และระบบจำหน่ายในปัจจุบันนั้นสามารถรองรับการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าได้ 1 คันต่อหลังคาเรือน ซึ่งได้พิจารณาการชาร์จที่โหลดของหม้อแปลงไม่เกิน 80% ในอีกความหมายหนึ่งคือหากเกิดเหตุการณ์ที่มีการชาร์จตามครัวเรือนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ระบบจำหน่ายก็ยังสามารถรองรับการชาร์จได้

คำสำคัญ: ยานยนต์ไฟฟ้า การชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า ระดับแรงดันไฟฟ้า การรับโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า

#### Abstract

At present, the trend of using electric vehicles instead of cars using oil or gas is more popular. Because electric vehicles can help reduce pollution and are environmentally friendly. As a result, there is an increase in the demand for electric power for charging electric vehicles. This will affect the distribution system in terms of system voltage levels and transformer loading. This paper presents impact analysis of electric vehicle charging posing on distribution systems. The DIGSILENT PowerFactory program is used to simulate the electrical system of a village in Pathumthani Province to analyze the impact of electric vehicle charging by considering the voltage level and

transformer loading, to find the maximum number of electric vehicles that can be charged. The simulation results show that the total electric power and current will vary with the amount of charging of electric vehicles and the existing distribution system can support the charging of 1 electric vehicle per household, which considers charging at the load of transformers not more than 80%. In other words, if a small increase in household charging occurs, the distribution system can still support the charging.

Keywords: Electric Vehicle, Charging Electric Vehicle, Voltage Level, Transformer Loading

#### 1. คำนำ

ปัจจุบันทั่วโลกกำลังเริ่มเผชิญกับปัญหาทางด้านวิกฤติพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น [1] เนื่องจากมีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจและจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้น โดยมากกว่าครึ่งมาจากการใช้เชื้อเพลิงกับยานพาหนะ จึงมีการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle) [2] ขึ้น ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงและลดการปล่อยก๊าซเสียในอากาศได้มากกว่ายานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันในปัจจุบัน ดังนั้นแต่ละประเทศจึงเห็นความสำคัญของจุดนี้ได้ร่วมกันพัฒนาและผลักดันข้อกำหนดต่าง ๆ ขึ้น ซึ่งในประเทศไทยก็ได้กำเนิดสมาคมยานยนต์ไฟฟ้าไทยขึ้น เพื่อกำหนดนโยบายและทิศทางของเทคโนโลยีดังกล่าว แน่แน่นอนว่ายานยนต์ไฟฟ้านั้นจะต้องมาพร้อมกับอุปกรณ์ชาร์จไฟสำหรับแบตเตอรี่ที่ติดตั้งเป็นส่วนประกอบภายใน (EV Charger) ในปัจจุบันมีเริ่มมีการเพิ่มจำนวนสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า (EV Charging Station) มากขึ้นเพื่อรองรับปริมาณรถไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าทำให้ต้องการพิจารณาผลกระทบกับระบบจำหน่ายในเรื่องของระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบและการรับโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า [3] สำหรับประเทศไทยซึ่งยังอยู่ในระยะเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า ประกอบกับข้อมูลทางสถิติของการใช้งานยานยนต์โดยทั่วไปซึ่งมีอยู่ค่อนข้างจำกัด ดังนั้นข้อมูลทางสถิติการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าที่จะนำมาศึกษาในบทความนี้ จะพิจารณาจากกรณีศึกษาของต่างประเทศ โดยพบว่าผู้ใช้ยานยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ นิยมอัดประจุไฟฟ้าที่บ้านพักอาศัยและเป็นที่คาดการณ์ว่าผู้ใช้ไฟฟ้า

PW-22

จะเริ่มอัดประจุไฟฟ้าทันทีที่เดินทางกลับถึงบ้านซึ่งมักจะเป็นช่วงค่ำของวัน ดังนั้นหากไม่มีมาตรการควบคุมการอัดประจุไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ความต้องการใช้ไฟฟ้าจะมีความสูงชันมากกว่าปกติในช่วงเวลาค่ำ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า [4] ดังนั้นบทความนี้จึงมุ่งเน้นหาจำนวนยานยนต์ไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถชาร์จได้โดยใช้โปรแกรม DIGSILENT PowerFactory ในการจำลองระบบเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าที่เชื่อมกับระบบจำหน่าย โดยพิจารณาถึงระดับแรงดันไฟฟ้า และการรับโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า

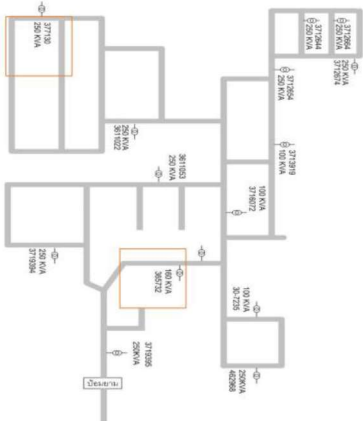
## 2. สถานที่จริงและพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ

### 2.1 สถานที่จริงของระบบ

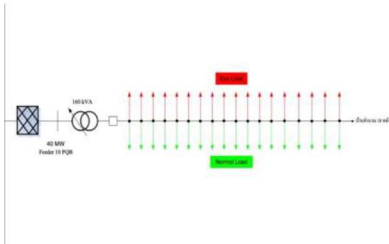
หมู่บ้านที่ทำการศึกษาคผลกระทบของการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า ตั้งอยู่ถนนกรุงเทพ-ปทุมธานี ตำบลบางเคื่อ อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ดังแสดงในรูปที่ 1 และภาพจำลองหมู่บ้านดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งหม้อแปลง 160 kVA และ 250 kVA เชื่อมต่อกับฟีดเดอร์ที่ 10 สถานีไฟฟ้าปทุมธานี (PQB) ซึ่งมีกำลังไฟฟ้า 40 MW ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ ส่วนข้อมูลการใช้พลังงานของบ้านแต่ละหลังสำหรับหม้อแปลงขนาด 160kVA มีผู้ใช้ไฟ 18 ครัวเรือน และ 250kVA มีผู้ใช้ไฟ 30 ครัวเรือน ดังแสดงในตารางที่ 1 และในตารางที่ 2 ตามลำดับ



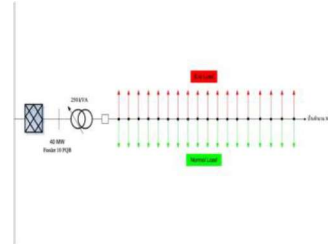
รูปที่ 1 สถานที่จริงของระบบ



รูปที่ 2 จำลองหม้อแปลงในหมู่บ้านชวนชื่น การ์ดैनวิวัล



รูปที่ 3 แสดงการจัดวางระบบจำหน่ายของหม้อแปลง 160 kVA



รูปที่ 4 แสดงการจัดวางระบบจำหน่ายของหม้อแปลง 250 kVA

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของบ้านแต่ละหลังของหม้อแปลง 160 kVA

	Load ID	P(kW)	Q(kVAR)	I(A)	U(V)
1	591_4087536	2.549	1.575	13.368	224.165
2	591_3367268	0.794	0.491	4.166	224.179
3	591_3367269	2.308	1.426	12.094	224.345
4	591_4140848	0.000	0.000	0.000	225.201
5	591_3367270	0.429	0.265	2.239	225.194
6	591_4413078	0.030	0.019	0.156	226.803
7	591_4530964	0.119	0.029	0.529	230.205
8	591_4688023	1.033	0.640	5.267	230.706
9	591_3366908	1.384	0.856	7.175	226.771
10	591_3367023	1.179	0.730	6.088	227.667
11	591_3367024	1.320	0.736	6.642	227.531
12	591_3367025	0.393	0.243	2.029	227.594
13	591_3367026	1.641	1.015	8.519	226.479
14	591_3367027	1.389	0.778	7.054	225.667
15	591_3367028	0.000	0.000	0.000	225.289
16	591_3367029	0.975	0.602	5.116	223.978
17	591_4249995	3.269	2.019	17.194	223.434
18	591_3367030	1.378	0.851	7.245	223.491

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของบ้านแต่ละหลังของหม้อแปลง 250 kVA

	Load ID	P(kW)	Q(kVAR)	I(A)	U(V)
1	591_3367057	0.000	0.000	0.000	225.215
2	591_4939528	0.063	0.039	0.331	225.214
3	591_3646007	0.178	0.110	0.930	225.216
4	591_3367059	0.722	0.447	3.769	225.236
5	591_3367061	1.480	0.917	7.732	225.202
6	591_3367060	0.027	0.017	0.142	225.247
7	591_3367062	0.142	0.088	0.740	225.575
8	591_3367063	0.725	0.449	3.779	225.567
9	591_3367064	2.019	1.201	10.420	225.432
10	591_3367065	0.000	0.000	0.000	225.283
11	591_3367066	3.068	1.901	16.037	225.061
12	591_3367067	1.676	1.039	8.761	225.083
13	591_3367068	1.646	1.020	8.625	224.528
14	591_3367069	0.495	0.307	2.596	224.373
15	591_3367070	0.290	0.180	1.520	224.553
16	591_3367071	0.922	0.571	4.835	224.300
17	591_3367072	1.917	1.118	10.002	224.985
18	591_3367073	1.673	1.037	8.751	224.906
19	591_3367074	0.397	0.240	1.631	227.419
20	591_3367075	0.714	0.442	3.703	226.772
21	591_3367076	0.22	0.137	1.153	224.942
22	591_3367077	3.201	1.988	16.93	222.955
23	591_3367078	0.003	0.002	0.016	222.799
24	591_3367079	1.588	0.984	8.429	221.632
25	591_3349010	1.063	0.659	5.742	217.816
26	591_4762856	0.003	0.002	0.016	217.746
27	591_3349011	0.000	0.000	0.000	217.535
28	591_3850271	5.643	3.497	30.602	216.936
29	591_4977414	0.000	0.000	0.000	216.842
30	591_3348637	1.102	0.683	5.98	216.812

### 2.2 ค่าพารามิเตอร์ของระบบ

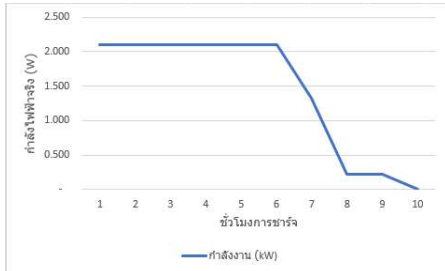
จากการบันทึกเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ระบบมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลา 20.00-21.00 น. ค่าพารามิเตอร์การใช้งานจริงโดยวัดที่ด้านแรงต่ำของหม้อแปลง 160 kVA และ 250 kVA ดังแสดงในตารางที่ 3 และข้อมูลคุณลักษณะด้านไฟฟ้าของยานยนต์ FOMM ONE ดังแสดงในตารางที่ 4 และกราฟแสดงพฤติกรรมการชาร์จของยานยนต์ไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 5

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ของหม้อแปลง 160kVA และ 250 kVA เวลา 20.00 – 21.00 น.

ค่าพารามิเตอร์	ขนาดหม้อแปลง	
	160 kVA	250 kVA
%โหลด	50.800	61.300
Psum (kw)	29.614	43.022
Qsum (kw)	16.945	25.814
I1 (A)	117.404	73.746
U1 Phase (V)	229.422	229.294
U11 Line (V)	397.371	397.149

ตารางที่ 4 ข้อมูลคุณลักษณะด้านไฟฟ้าของยานยนต์ FOMM ONE

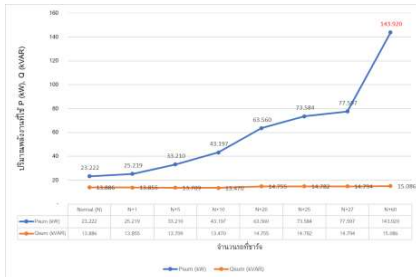
FOMM ONE SPECIFICATION	
Battery capacity	11.84 kWh
Electric motor power	14 hp @ 170-800 rpm.
Electric motor torque	560 Nm @ 0-170 rpm.
System power	14 hp
Average Energy Consumption	6.76 kWh/100 km
Normal Charge Consumption	2 kWh



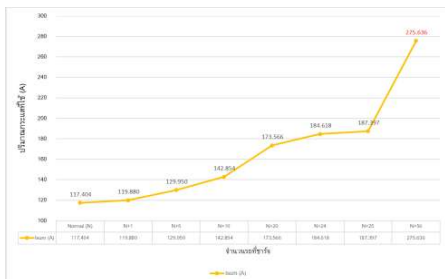
รูปที่ 5 แสดงพฤติกรรมกรการชาร์จของยานยนต์ไฟฟ้า



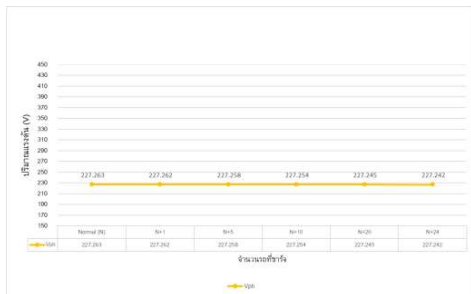
รูปที่ 6 แสดง Single Line Diagram ระบบจำหน่ายแรงต่ำของหม้อแปลง 160 kVA



รูปที่ 7 แสดงค่า P และ Q ที่ใช้ในการชาร์จ EV ช่วงเวลา 20.00-21.00 น. ของหม้อแปลง 160kVA



รูปที่ 8 ค่ากระแสที่ใช้ในการชาร์จ EV ของหม้อแปลง 160 kVA



รูปที่ 9 ค่าแรงดันเฟสที่ปลายสายที่ใช้ในการชาร์จ EV ของหม้อแปลง 160 kVA

ตารางที่ 5 แสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบจากการชาร์จ EV ที่หม้อแปลง 160 kVA

Normal Load	จำนวนรถที่ชาร์จ (คัน)						
	1	5	10	20	24	25	
โหลด	50.800	51.900	56.300	61.900	75.200	79.000	81.100
Psum (kw)	29.614	31.611	39.601	49.388	69.975	78.001	80.008
Qsum (kw)	16.945	16.906	16.728	16.449	17.974	17.998	18.004
I1 (A)	117.404	119.880	129.950	142.854	173.566	184.618	187.397
U1 Phase (V)	229.422	229.422	229.421	229.422	229.562	229.239	229.233
U1 Line (V)	397.371	397.370	397.369	397.371	397.049	397.054	397.044

ตารางที่ 6 ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ตามจำนวนการชาร์จ EV

ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ของหม้อแปลง 160 kVA	จำนวนรถที่ชาร์จ					
	1	5	10	20	24	25
%โหลด	2.165	10.827	21.850	48.031	57.283	59.646
Psum (kw)	6.743	33.724	67.448	136.290	163.392	170.170
Qsum (kw)	- 0.230	- 1.281	- 2.927	6.073	6.214	6.250
I1 (A)	2.109	10.686	21.677	47.837	57.250	59.617
U1 Phase (V)	-	- 0.000	-	0.061	0.080	- 0.082
U1 Line (V)	- 0.000	- 0.001	-	- 0.081	0.080	- 0.082

โดยค่าพารามิเตอร์ของระบบจากการชาร์จ EV ที่หม้อแปลง 160 kVA ในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น. แสดงในตารางที่ 5 ส่วนผลของจำนวนการชาร์จ EV และเมื่อคิดเป็นค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ตามจำนวนการชาร์จ EV แสดงในตารางที่ 6

จากตารางที่ 5-6 การเปลี่ยนแปลงของโหลดหม้อแปลง มีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนยานยนต์ที่ชาร์จ แต่ไม่เป็นเชิงเส้น พบว่าค่ากำลังไฟรวมมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มใกล้เคียง 2 kW ต่อรถ 1 คัน (1.997 – 2.29 kW) ค่ากระแสไฟฟ้ามมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 2.476 – 2.930 A ต่อ 1 คันต่อเฟส เมื่อพิจารณาการชาร์จที่โหลดของหม้อแปลงไม่เกิน 80% จะได้จำนวนยานยนต์ไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถชาร์จได้คือ 24 คัน

จากการจำลองจาก Single Line Diagram ระบบจำหน่ายหม้อแปลง 250 kVA ดังแสดงในรูปที่ 10 สำหรับหม้อแปลง 250 kVA ผลของค่า P และ Q จากการชาร์จ EV ช่วงเวลา 20.00 -21.00 น. ดังแสดงในรูปที่



รูปที่ 12 กราฟแสดงค่ากระแสที่ใช้ในการชาร์จยานยนต์ EV ของหม้อแปลง 250 kVA



รูปที่ 13 แสดงแรงดันเฟสที่ปลายสายที่ใช้ในการชาร์จ EV ของหม้อแปลง 250 kVA

ค่าพารามิเตอร์ของระบบจากการชาร์จ EV ของหม้อแปลงขนาด 250 kVA ในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น. แสดงในตารางที่ 7 และเมื่อคิดเป็นค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ตามจำนวนการชาร์จ EV แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 แสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบจากการชาร์จ EV ที่หม้อแปลง 250 kVA

	250kVA (20.00-21.00)							
	Normal Load	จำนวนการชาร์จ (คัน)						
		1	5	10	20	25	37	88
%โหลด	52.000	52.700	55.400	59.100	66.500	70.200	79.400	119.500
Psum (kw)	43.037	45.039	53.049	63.063	83.099	93.121	117.185	219.635
Qsum (kvar)	25.874	25.876	25.888	25.906	25.951	25.979	26.039	26.596
I (A)	187.793	190.303	200.464	213.403	239.916	253.427	286.378	431.344
U1 Phase (V)	229.459	229.457	229.450	229.440	229.416	229.403	229.366	229.139
U1L Line (V)	397.435	397.432	397.419	397.401	397.361	397.337	397.274	396.880

ตารางที่ 8 ผลของจำนวนการชาร์จ EV ทำให้มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เปลี่ยนไป

ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของหม้อแปลง 250 kVA							
ช่วงเวลา 20.00-21.00 น.							
		จำนวนรถยนต์ที่ชาร์จ					
		1	5	10	20	25	37
%โหลด	1.346	6.923	13.654	27.885	35.000	52.692	129.808
Psum (kw)	4.652	23.264	46.532	93.087	116.374	172.289	410.340
Qsum (kvar)	0.008	0.054	0.124	0.298	0.406	0.715	2.790
I (A)	1.337	6.747	13.637	27.756	34.950	52.497	129.691
U1 Phase (V)	- 0.001	- 0.004	- 0.008	- 0.019	- 0.024	- 0.041	- 0.139
U1L Line (V)	- 0.001	- 0.004	- 0.009	- 0.019	- 0.025	- 0.041	- 0.140

จากตารางที่ 7-8 การเปลี่ยนแปลงของโหลดหม้อแปลง มีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนยานยนต์ที่ชาร์จ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ร้อยละ 1.3 – 1.4 ต่อยานยนต์ 1 คัน ค่ากำลังไฟฟ้ารวมมีการเพิ่มขึ้นประมาณ 2 kW ต่อรถ 1 คัน ค่ากระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 2.490 – 2.767 A ต่อ 1 คันต่อเฟส เมื่อพิจารณาการชาร์จที่โหลดของหม้อแปลงไม่เกิน 80% จะได้จำนวนยานยนต์ไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถชาร์จได้คือ 37 คัน

### 5. สรุป

- ที่หม้อแปลง 160 kVA เวลาการชาร์จ 20.00 – 21.00 น. เมื่อพิจารณาการชาร์จที่โหลดของหม้อแปลงไม่เกิน 80% และระดับแรงดัน  $\pm 10\%$  จะได้จำนวนยานยนต์ไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถชาร์จได้คือ 24 คัน มี

ค่าพารามิเตอร์ดังนี้ กำลังไฟฟ้ารวม 78.001 kW โดยเปอร์เซ็นต์โหลดของหม้อแปลงอยู่ที่ร้อยละ 79.900 ค่ากระแสไฟฟ้ารวม 184.618 A

- ที่หม้อแปลง 250 kVA เวลาการชาร์จ 20.00 – 21.00 น. เมื่อพิจารณาการชาร์จที่โหลดของหม้อแปลงไม่เกิน 80% จะได้จำนวนยานยนต์ไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถชาร์จได้คือ 37 คัน มีค่าพารามิเตอร์ดังนี้ กำลังไฟฟ้ารวม 117.185 kW โดยเปอร์เซ็นต์โหลดของหม้อแปลงอยู่ที่ร้อยละ 79.400 ค่ากระแสรวม 286.378 A

จากการทดลองพบว่าค่ากำลังไฟฟ้ารวมและค่ากระแสไฟฟ้าหลังจากที่มีการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนของยานยนต์ไฟฟ้าที่ชาร์จ และพบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากด้านแรงต่ำของหม้อมีค่าแรงดันตกเพียงเล็กน้อยทั้งหม้อแปลง 160kVA และ 250 kVA แต่หม้อแปลงขนาด 250 kVA ในสถานที่จริงได้ใช้สายของระบบจำหน่ายด้านแรงต่ำขนาด 95 ตร.มม. ซึ่งมีขนาดของสายเล็กกว่าที่ใช้กับหม้อแปลงขนาด 160 kVA (ขนาด 185 ตร.มม.) ทำให้กระแสที่เกิดขึ้นจากการชาร์จถูกจำกัดด้วยขนาดสายไฟของระบบจำหน่ายด้านแรงต่ำ ซึ่งหากปรับขนาดของสายด้านแรงต่ำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้รองรับปริมาณรถที่สามารถชาร์จได้มากขึ้น

จะเห็นได้ว่าการออกแบบระบบจำหน่ายของหมู่บ้านการ์เด้นวิลล์นั้นควรออกแบบขนาดหม้อแปลงและขนาดสายให้มีความสัมพันธ์กับจำนวนบ้านอยู่อาศัยเพื่อรองรับปริมาณการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต กระนั้นก็ตามระบบจำหน่ายในปัจจุบันนั้นสามารถรองรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าได้ 1 คันต่อหลังคาเรือนภายในหมู่บ้านตามผลการทดลอง นั่นคือ บ้านละ 1 คันนั่นเอง แต่กระนั้นก็ตามผู้จัดทำได้พิจารณาการชาร์จที่โหลดของหม้อแปลงไม่เกิน 80% อย่างไรก็ตามหากใช้ยานยนต์ยี่ห้ออื่น เช่น Tesla หรือ Nissan ที่ต้องการกำลังไฟฟ้าในการชาร์จเพิ่มขึ้น จะทำให้จำนวนรถยนต์ที่ทำการชาร์จลดลง

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในการสนับสนุนข้อมูลผู้ใช้ไฟและการใช้โปรแกรม DigSilent Power Factory

### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน “ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า” 2560, (ออนไลน์), สืบค้นเมื่อ 14 กรกฎาคม 2562, จาก <https://gnews.apps.go.th/news?news=6806>
- [2] นิสสัน, “ทำความรู้จักกับรถยนต์พลังงานไฟฟ้า 100%”, (ออนไลน์), สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.nissan.co.th/experience-nissan/Nissan-EV/how-EV-work.html>
- [3] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, “การศึกษาผลกระทบของรถยนต์ไฟฟ้าแบบปลั๊กอิน (PEV) ต่อระบบส่งไฟฟ้า (V2G)”, (ออนไลน์), สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2562, จาก [www.research.eng.ku.ac.th](http://www.research.eng.ku.ac.th)
- [4] คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, “การศึกษาการพัฒนาของเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและผลกระทบที่เกิดขึ้นสำหรับประเทศไทย”, (ออนไลน์), สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2562, จาก [energyforum.kmutt.ac.th](http://energyforum.kmutt.ac.th)