

Използване на слънчевата енергия за зареждане на акумулаторната батерия на електромобили

Иван Евтимов, Росен Иванов

Using the solar energy for charging of the electric vehicles battery. The article analyzed the possibilities for effective use of solar energy for charging of batteries for electric vehicles. Concrete data in tabular and graphic form of solar energy at different inclination angles of solar panels for the town of Ruse are given. On this basis, as example the potential and time for fully battery charging is calculated for the conditions of town of Ruse.

Key words: Solar energy, Solar radiation, Solar panels, Batteries, Electric vehicles

ВЪВЕДЕНИЕ

Слънчевата енергия е основата за почти всички естествени процеси, включително човешкия живот. Тя представлява екологично чиста и безплатна енергия, която е достъпна на всички днес и в бъдеще.

През последните години учени от цял свят са насочили усилията си в разработването и реализирането на ефективни технологии за производство на енергия от така наречените възобновяеми енергийни източници (ВЕИ). Много активно се работи по развитието на преобразователите на слънчевата енергия в електрическа, наречени фотоволтаици. Всичко това подпомага развитието и по-масовото използване на тези източници на енергия в различни области на бита на човека, включително и зареждане на акумулаторните батерии на електромобилите.

Максималното използване на слънчевата енергия е необходима стъпка в борбата срещу замърсяването на въздуха и опазване здравето на бъдещите поколения. Поради влиянието на географската ширина, климатичните условия и локалната топография на местността, различните райони от земната повърхност получават различни количества слънчева енергия.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Един от важните фактори, който оказва влияние върху изходната мощност на слънчевите панели е разположението им спрямо наклона на слънчевите лъчи. Ъгълът, под който падат слънчевите лъчи се променя всеки ден в годината и зависи от географската ширина и ъгъла на деклинация – ъгълът сключен между слънчевите лъчи и равнината на екватора. Той се изменя в границите от $-23,45^\circ$ до $+23,45^\circ$.

Град Русе се намира на географска ширина $43,85^\circ$ и географска дължина $25,967^\circ$.

Деклинацията достига максимална положителна стойност $+23,45^\circ$ на 21 юни (ляното слънцестоене в Северното полукълбо) и максимална отрицателна $-23,45^\circ$ на 21 декември (зимното слънцестоене в Северното полукълбо). Деклинацията е 0° при равноденствие (21-ри март и 23-ри септември). Може да се определи от зависимостта [2].

$$\delta = \sin^{-1} \{ \sin(23,45^\circ) \sin [360/365 (d - 81)] \}, \text{ deg} \quad (1)$$

където d е поредният ден в годината.

Въз основа на получените резултати от формула (1) и географската ширина на град Русе са изчислени оптималните ъгли на наклона спрямо хоризонта, на които трябва да се ориентират слънчевите панели (табл. 1). Средният ъгъл на наклона за годината се получава $46,22^\circ$. Подбиране на ъгъла на наклона на слънчевите панели е от важно значение при прякото облъчване на слънчевите панели.

Таблица 1

Оптимален ъгъл на наклона на слънчевите панели по дни от годината, deg

Дата	МЕСЕЦ											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	69,14	63,44	54,24	42,24	31,50	24,19	23,05	28,45	38,62	50,25	61,26	68,18
2	69,05	63,17	53,87	41,85	31,19	24,05	23,12	28,72	38,99	50,64	61,57	68,32
3	68,96	62,89	53,49	41,47	30,88	23,91	23,21	29,99	39,37	51,02	61,87	68,45
4	68,86	62,60	53,12	41,08	30,58	23,78	23,29	29,27	39,75	51,41	62,17	68,58
5	68,75	62,31	52,74	40,70	30,28	23,66	23,39	29,56	40,13	51,79	62,46	68,70
6	68,64	62,02	52,36	40,32	29,99	23,55	23,49	29,84	40,51	52,17	62,74	68,81
7	68,52	61,72	51,98	39,94	29,70	23,44	23,60	30,13	40,89	52,55	63,03	68,91
8	68,39	61,42	51,60	39,56	29,41	23,34	23,72	30,43	41,28	52,93	63,31	69,01
9	68,25	61,11	51,22	39,18	29,13	23,25	23,85	30,73	41,66	53,31	63,58	69,09
10	68,11	60,80	50,83	38,80	28,86	23,16	23,98	31,04	42,05	53,68	63,85	69,18
11	67,97	60,48	50,45	38,43	28,59	23,09	24,12	31,35	42,44	54,06	64,11	69,25
12	67,81	60,16	50,06	38,06	28,32	23,01	24,26	31,66	42,82	54,43	64,37	69,32
13	67,65	59,84	49,67	37,69	28,06	22,95	24,41	31,98	43,21	54,79	64,62	69,38
14	67,48	59,51	49,28	37,32	27,80	22,89	24,57	32,30	43,60	55,16	64,87	69,43
15	67,31	59,18	48,89	36,96	27,55	22,84	24,73	32,62	43,99	55,53	65,11	69,48
16	67,13	58,85	48,50	36,59	27,31	22,80	24,90	32,95	44,19	55,89	65,35	69,52
17	66,94	58,51	48,11	36,23	27,07	22,77	25,08	33,28	44,78	56,25	65,58	69,55
18	66,75	58,17	47,72	35,91	26,84	22,74	25,26	33,62	45,17	56,60	65,81	69,57
19	66,55	57,83	47,33	35,52	26,61	22,72	25,45	33,96	45,56	56,96	66,03	69,59
20	66,34	57,48	46,93	35,07	26,38	22,71	25,65	34,30	45,95	57,30	66,24	69,60
21	66,13	57,13	46,54	34,82	26,17	22,70	25,85	34,64	46,35	57,66	66,45	69,60
22	65,92	56,78	46,15	34,37	25,97	22,70	26,06	34,99	46,74	58,00	66,65	69,59
23	65,69	56,42	45,76	34,03	25,75	22,71	26,27	35,34	47,13	58,34	66,85	69,58
24	65,47	56,07	45,37	33,69	25,55	22,73	26,49	35,70	47,52	58,68	67,04	69,56
25	65,23	55,73	44,97	33,45	25,36	22,75	26,72	36,05	47,91	59,02	67,22	69,53
26	64,99	55,34	44,58	33,12	25,17	22,78	26,95	36,41	48,31	59,27	67,40	69,50
27	64,75	54,98	44,19	32,79	24,99	22,82	27,19	36,77	48,70	59,68	67,57	69,46
28	64,50	54,61	43,80	32,46	24,82	22,87	27,43	37,14	49,09	60,00	67,73	69,41
29	64,24	-	43,41	32,14	24,65	22,92	27,68	37,51	49,48	60,32	67,89	69,35
30	63,98	-	43,02	31,82	24,49	22,98	27,93	37,87	49,86	60,64	68,04	69,29
31	63,65	-	42,63	-	24,33	-	28,19	38,24	-	60,95	-	69,21
Средно	66,88	59,23	48,48	36,87	27,53	23,09	25,16	33,09	44,21	55,79	65,03	69,23

Затова е необходимо преди монтирането на слънчевите панели да се определи съотношението между прякото и дифузно облъчване.

Ориентацията на модулите към слънцето по-малко спомага за увеличение на генерираната енергия, когато дифузното им облъчване превишава прякото. Следователно, оптималното проектиране на фотоволтаични системи изисква селективни данни за слънчевата енергия, на базата на предварителни проучвания и изследвания. Поради това, съществено значение за всеки диференциален слънчево енергиен одит имат данните за околната въздушна температура на конкретното място и ветровия режим, от което зависи естественото охлаждане на панелите.

В табл. 2 са дадени параметрите на слънчевата енергия при различни ъгли на облъчване на слънчевите панели за района на град Русе, които са получени на база от данни от над 10-годишен период от време [3]. Следва да отбележим, че слънчевата радиация извън земната атмосфера е с постоянна стойност $1,368 \text{ kW/m}^2$ (слънчева константа), която твърде незначително се променя в рамките на 11 годишния цикъл на слънчевата активност.

Таблица 2

Среднодневна слънчева енергия при различни ъгли на облъчване на слънчевите панели, kWh/m²

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.
0°	1,55	2,34	3,40	4,50	5,52	6,21	6,25	5,62	4,16	2,73	1,61	1,19	3,76
28°	2,46	3,24	4,12	4,83	5,52	5,92	6,07	5,91	4,89	3,64	2,38	1,88	4,24
43°	2,77	3,49	4,21	4,68	5,14	5,41	5,58	5,63	4,92	3,86	2,62	2,11	4,20
58°	2,93	3,35	4,09	4,30	4,52	4,64	4,83	5,07	4,70	3,88	2,72	2,23	3,94
90°	2,70	3,04	3,17	2,94	2,78	2,74	2,87	3,24	3,46	3,25	2,45	2,07	2,89
Оптимален	2,94	3,55	4,21	4,83	5,64	6,24	6,30	5,94	4,94	3,90	2,72	2,24	4,45

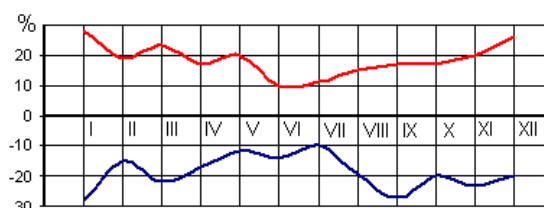
В табл. 3 е показана среднодневната интензивност на слънчевата радиация на обед за хоризонтална повърхност, а на фиг. 1 съответно горната и долната граница на отклонение от среднодневната слънчева енергия за хоризонтална повърхност по месеци на годината.

Характерно за зимните месеци е съществената разлика в среднодневната интензивност на слънчевото облъчване от - 28 до + 28 %, а за летните - значително по-малка - от -10 до +10 %. Въз основа на табл. 3 и фиг. 1 може да се определи минималната и максимална дневна интензивност на слънчевата радиация за хоризонтална повърхност през месец юли, съответно 0,612 kW/m² и 0,755 kW/m².

Таблица 3

Среднодневна интензивност на слънчевата радиация на обед за хоризонтална повърхност, kW/m²

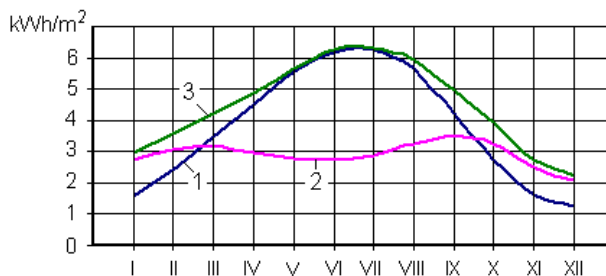
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,23	0,31	0,42	0,52	0,62	0,67	0,68	0,66	0,54	0,39	0,24	0,20



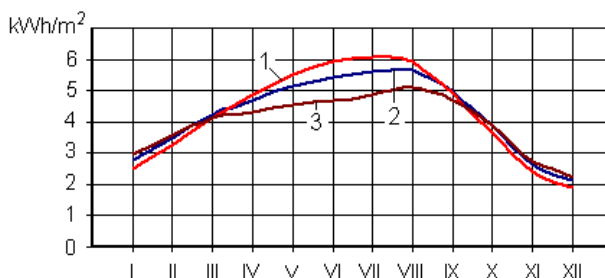
Фиг. 1. Горна и долна граница на отклонение от среднодневната интензивност на слънчевата радиация за хоризонтална повърхност по месеци

На фиг. 2 и 3 графично е представена среднодневната слънчева енергия за различните месеци в годината при различни ъгли на наклона на слънчевите панели, въз основа на данните от табл. 2. По конструктивни и финансови причини, може да се окаже по-изгодно установяване на слънчевите панели на различен от оптималния ъгъл на наклона на слънчевите панели.

Прави впечатление, че за ъгли на наклона на слънчевите панели 28° и 43°, средногодишната дневна слънчева енергия е почти еднаква. Но ако искаме през летните месеци по-ефективно да се използва слънчевата енергия спрямо зимните месеци, е необходимо ъгълът на наклона на слънчевите панели да бъде 28°, което е по-близо до средния оптимален ъгъл за тези месеци.



Фиг. 2. Среднодневна слънчева енергия за различните месеци в годината:
1 – на хоризонтална повърхност; 2 – на вертикална повърхност; 3 – при оптимален ъгъл на наклона на слънчевите панели



Фиг. 3. Среднодневна слънчева енергия за различните месеци в годината:
1 - при ъгъл на наклона 28°; 2 - при ъгъл на наклона 43°; 3 - при ъгъл на наклона 58°.

На разработения електромобил в Русенския университет „Ангел Кънчев“ [1] е монтиран слънчев панел с размери 1680mmx995mm. Максималната изходяща мощност е 200 W при максимална интензивност на слънчевата радиация 1000 W/m², което съответства на 12 % к.п.д.

При хоризонтално установен слънчев панел, съгласно табл. 2, за една година пада 2291 kWh слънчева енергия, от която се генерира 275 kWh електрическа енергия. За използваните акумулаторни батерии с напрежение 36 V и капацитет 120 Ah в тях може да се акумулира 4,32 kWh енергия. Следователно при хоризонтално установен слънчев панел с генерираната от него слънчева енергия може да се реализират 64 пълни зареждания. Ако електромобилът се ползва за времето от месец март до месец октомври (включително) генерираната енергия от слънчевия панел ще бъде съответно 235 kWh, на които отговарят 54 пълни зареждания на акумулаторните батерии.

Конструктивно закрепването на слънчевия панел е реализирано, така че да може да се променя наклона му при престой. Така може по-ефективно да се използва слънчевата енергия. Според данните в табл. 2 генерираната енергия ще се увеличи с около 18 %.

В табл. 4 е дадено времето за пълно зареждане на акумулаторните батерии за различните месеци в годината, когато може да се използва електромобилът. За останалите месеци от годината, слънчевият панел може много лесно и бързо да се демонтира от електромобила и да се използва за други цели.

Таблица 4
Време за зареждане на акумулаторните батерии

Месец	Време за зареждане, дни
Март	5,12 – 6,35
Април	4,45 – 4,80
Май	3,82 – 3,93
Юни	3,46 – 3,47
Юли	3,42 – 3,45
Август	3,63 – 3,84
Септември	4,36 – 5,19
Октомври	5,53 – 7,85

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Във връзка с използването на слънчевата енергия в района на град Русе, могат да се направят следните основни извода:

- оптималният ъгъл на наклона на слънчевия панел за различните дни в годината варира в границите $22,70^{\circ}$ до $69,60^{\circ}$, като средният ъгъл е $46,22^{\circ}$.

- най-голяма среднодневна слънчева енергия се получава при оптимален ъгъл на падане на слънчевите лъчи върху слънчевите панели през месец юли – $6,24 \text{ kWh/m}^2$.

- за района на град Русе максималната годишна слънчева радиация, която може да се получи при оптимален наклон на слънчевите панели е 1624 kWh/m^2 .

- използването на слънчевия панел за зареждане на акумулаторните батерии на електромобила може да намали отделящите се вредни парникови газове от производството на 325 kWh годишно.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Иванов Р., Ив. Евтимов, Г. Кадикянов, Д. Зафиров, Д. Гунев. Експериментален електромобил. Варна, Сб. доклади на НТК "Транспорт и екология – устойчиво развитие", 2010.

[2] <http://pvcdrom.pveducation.org/SUNLIGHT/DECLIN.HTM>

[3] NASA Surface meteorology and Solar Energy – Available Tables

За контакти:

Доц. д-р Иван Евтимов, Катедра „Автомобили, трактори и кари“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 082-888 527, e-mail: ievtimov@ru.acad.bg

Доц. д-р Росен Иванов, Катедра „Автомобили, трактори и кари“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 082-888 528, e-mail: rossen@ru.acad.bg

Докладът е рецензиран.

