

## بهینه سازی انرژی و بهبود مولفه های کیفیت توان یک فیدر اداری به وسیله جایگزینی چراغ های LED با چراغ های کم مصرف فلورسنت

امیرحسین رحیمزاده<sup>۱</sup>، مجید دهقانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، ایران ، Rahimzadeh.amirhossein@yahoo.com

<sup>۲</sup>دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، ایران ، Deh\_amir@yahoo.com

چکیده-با توجه به افزایش شدت مصرف انرژی در کشور، محدود بودن منابع انرژی و ضرورت حفظ و کمک در جهت ارتقا محیط زیست، ممیزی و بهینه سازی انرژی در بخش ساختمان و صنعت کشور اهمیت زیادی می یابد. در این مقاله که حاصل یک پژوهش علمی-کاربردی است، یکی از ساختمان های اداری شهر اصفهان ممیزی انرژی گردید و راه کارهای گوناگون بهینه سازی انرژی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. از جمله راه کارهای بهینه سازی و ممیزی انرژی در ساختمان، جایگزینی سیستم های روشنایی قدیمی با سیستم های روشنایی LED است. لذا در این پژوهش در فاز اول، انواع مصارف روشنایی اعم از لامپ های رشته ای، فلورسنت و پرژکتورهای مورد شناسایی قرار گرفت و آمار هر یک به تفکیک مشخص گردید. سپس لامپ های روشنایی LED که دارای مصرف کم و بهینه هستند جایگزین لامپ های کم مصرف فلورسنت و رشته ای شدند. با استفاده از دستگاه پاور آنالایزر کلیه مصارف قبل و بعد تعویض روشنایی مورد ارزیابی قرار گرفت و مشاهده گردید که مصرف انرژی در حدود ۷۰ درصد کاهش یافت. علاوه بر کاهش شدت مصرف انرژی در ساختمان اداری، هارمونیک های جریان از مقدار متوسط ۴۰ درصد جریان کل در ساعات کاری به میزان ۲۵ درصد تقلیل یافته است و مولفه های کیفیت توان سیستم بهبود قابل ملاحظه ای یافته است. کلید واژه- بهینه سازی انرژی- ممیزی انرژی- سیستم های روشنایی LED- کیفیت توان

های LED، عدم تولید پرتوهای فرابنفش و مادون قرمز و تولید حرارت کم.

مقدمه

مصارف روشنایی ساختمان اداری در جدول زیر آورده شده است: جدول (۱): مصارف روشنایی ساختمان اداری

مصارف انرژی روشنایی ساختمان اداری				
توان مصرفی مجموع (kW)	توان نامی مجموع (kW)	توان نامی هر لامپ (W)	تعداد	مصارف انرژی
26.4	20	25	800	لامپ های کم مصرف فلورسنت
2.64	1.6	20	80	لامپ های کم مصرف
0.33	1.25	125	10	پرژکتور
29.37	22.85	170	890	مجموع

از جدول شماره (۱) مشاهده می شود که بیش از 29 کیلووات توان مصرفی تجهیزات روشنایی ساختمان است. با توجه به این نکته که حجم قابل ملاحظه ای از مصارف انرژی الکتریکی این ساختمان مربوط به تجهیزات روشنایی است، در اولین اقدام مصارف روشنایی با لامپ های LED معادل از منظر نوری جایگزین شدند [4][5].

با توجه به تعدد واحد های مسکونی، اداری و تجاری و افزایش قابل ملاحظه مصرف انرژی در این ساختمان ها لزوم انجام ممیزی و بهینه سازی انرژی ضرورت می یابد [1][4][5]. ساختمان های اداری دارای مصارف گوناگونی از جمله سرمایش، گرمایش و روشنایی هستند. در این مقاله مصارف روشنایی یک ساختمان اداری مورد بررسی قرار گرفت و به تفکیک نوع و تعداد طبقه بندی گردیده است. قدم دوم بعد از طبقه بندی تعداد و نوع مصارف روشنایی، شناسایی لامپ های جایگزینی است که بتواند همان شدت روشنایی را با مصرف توان کمتری تامین کند. با توجه به بررسی های مختلف لامپ های LED مورد انتخاب قرار گرفت [2][4][5].

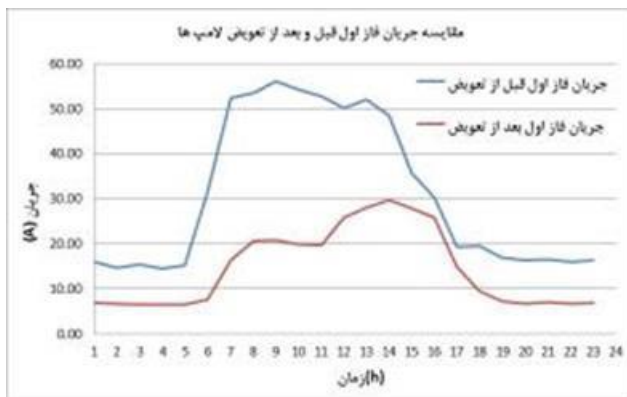
چند نمونه از مزیت های مهم لامپ های LED در مقایسه با دیگر لامپ ها عبارتند از: عمر مفید و قابلیت اعتماد بالاتر لامپ

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

جدول (۴): مولفه های اندازه گیری شده بعد از تعویض لامپ ها

مولفه های نمونه برداری شده به وسیله دستگاه آنالیزور توان بعد از تعویض لامپ ها - متوسط هر ساعت								
P3 (kW)	I3 (A)	P2 (kW)	I2 (A)	P1 (kW)	I1 (A)	Pt (kW)	St (kVA)	زمان (h)
4.31	19.06	0.79	6.82	1.52	6.82	6.62	6.76	1
4.18	18.43	0.77	6.68	1.50	6.68	6.46	6.57	2
4.10	18.12	0.76	6.54	1.44	6.54	6.31	6.41	3
4.05	17.79	0.78	6.54	1.45	6.54	6.28	6.42	4
4.07	17.91	0.76	6.45	1.43	6.45	6.27	6.41	5
4.30	19.37	2.22	7.55	1.62	7.55	8.15	8.53	6
9.19	43.40	6.73	16.34	3.31	16.34	19.27	20.09	7
8.98	43.65	5.46	20.68	4.18	20.68	18.67	20.42	8
9.10	44.17	7.68	20.91	4.26	20.91	21.10	21.56	9
10.78	51.70	8.71	19.90	4.16	19.90	23.71	24.01	10
10.39	50.31	8.58	19.76	4.10	19.76	23.12	23.44	11
10.39	50.24	8.54	25.84	5.53	25.84	24.49	24.72	12
10.16	48.09	8.15	28.02	6.20	28.02	24.54	24.70	13
10.43	49.16	8.76	29.75	6.52	29.75	25.76	25.89	14
9.05	42.34	8.51	27.88	6.13	27.88	23.73	23.85	15
8.06	37.63	7.73	25.81	5.75	25.81	21.57	21.74	16
5.33	24.43	7.30	14.96	3.32	14.96	15.97	16.16	17
5.18	23.52	4.01	9.40	2.11	9.40	11.32	11.47	18
4.34	19.48	1.09	7.17	1.62	7.17	7.06	7.24	19
4.50	20.37	1.05	6.73	1.48	6.73	7.04	7.15	20
4.29	19.37	1.11	7.01	1.56	7.01	6.98	7.18	21
4.27	19.06	1.13	6.71	1.50	6.71	6.90	7.12	22
4.47	19.81	1.15	6.86	1.56	6.86	7.18	7.28	23

با توجه به این نکته که تغذیه سیستم روشنایی ساختمان اداری مورد مطالعه از فاز اول است لذا جهت مقایسه تاثیر تعویض لامپ های فلورسنت با لامپ های LED نمودارهای زیر از جداول بالا رسم شده است.



شکل شماره (۱): مقایسه جریان فاز اول قبل و بعد از تعویض لامپ ها

همانطور که در شکل یک ملاحظه می کنید با تعویض لامپ های فلورسنت به LED جریان فازی که تغذیه روشنایی ساختمان اداری را بر عهده داشت کاهش با بیشینه ۶۴ درصدی را نتیجه داده است [1].

در جدول شماره (۲) لامپ های LED معادل لامپ های کم مصرف فلورسنت و پرژکتورها آورده شده است:

جدول (۲): اطلاعات لامپ های جایگزین

لامپ های روشنایی جایگزین					
مصارف انرژی اولیه	توان نامی (W)	مصارف انرژی جایگزین	توان نامی (W)	تعداد	برآورد توان مصرفی لامپ های جایگزین (kW)
لامپ های کم مصرف فلورسنت	25	LED	10	800	8
لامپ های کم مصرف پرژکتور	125	LED	53	80	0.8
مجموع	170	-	73	890	9.33

با توجه به تعویض لامپ های کم مصرف فلورسنت و پرژکتورها با لامپ های LED، توان مصرفی در حدود 70 درصد کاهش یافت که مقدار قابل ملاحظه ای است. این نکته قابل ذکر است که کاهش 70 درصدی توان مصرفی با ثابت نگه داشتن میزان نور در واحد سطح تحقق یافته است.

نمودارهای زیر مقایسه ای بین توان ظاهری کل، توان اکتیو کل، جریان و توان هر فاز قبل و بعد از تعویض لامپ های ساختمان اداری را نشان می دهد.

جدول (۳): مولفه های اندازه گیری شده قبل از تعویض لامپ ها

مولفه های نمونه برداری شده به وسیله دستگاه آنالیزور توان قبل از تعویض لامپ ها - متوسط هر ساعت								
P3 (kW)	I3 (A)	P2 (kW)	I2 (A)	P1 (kW)	I1 (A)	Pt (kW)	St (kVA)	زمان (h)
1.46	6.52	1.23	8.23	3.64	15.92	6.33	6.70	1
1.40	6.35	1.20	8.23	3.30	14.61	5.90	6.47	2
1.48	6.63	1.22	8.28	3.54	15.52	6.25	6.67	3
1.43	6.40	1.22	8.25	3.27	14.54	5.91	6.50	4
1.33	6.14	1.21	8.23	3.52	15.31	6.06	6.48	5
3.06	15.40	3.69	21.41	6.34	31.51	13.09	15.55	6
5.44	26.80	7.87	40.33	10.74	52.49	24.06	27.09	7
4.85	23.23	7.83	39.88	10.86	53.60	23.55	26.43	8
5.10	24.41	7.85	39.65	11.40	56.08	24.37	26.81	9
4.78	22.74	7.39	37.56	11.03	54.30	23.21	25.70	10
4.74	22.51	7.46	37.35	10.91	52.75	23.13	25.43	11
4.52	21.19	6.85	34.00	10.45	50.22	21.82	23.92	12
4.18	19.62	6.84	33.83	10.69	52.05	21.70	23.66	13
4.07	19.32	6.40	33.53	10.00	48.51	20.46	22.93	14
3.41	16.06	5.76	29.24	7.38	35.71	16.54	17.71	15
2.36	10.83	4.72	23.26	6.41	30.36	13.48	13.74	16
1.48	6.66	1.99	10.81	4.20	19.37	7.67	7.97	17
1.69	7.48	1.30	8.14	4.33	19.46	7.32	7.72	18
1.52	6.85	0.69	5.49	3.82	17.02	6.02	6.26	19
1.59	7.06	0.69	5.46	3.69	16.43	5.97	6.26	20
1.56	6.89	0.69	5.49	3.70	16.51	5.95	6.25	21
1.46	6.66	0.71	5.56	3.62	16.06	5.79	6.18	22
1.54	7.01	1.09	7.47	3.72	16.46	6.36	6.72	23

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

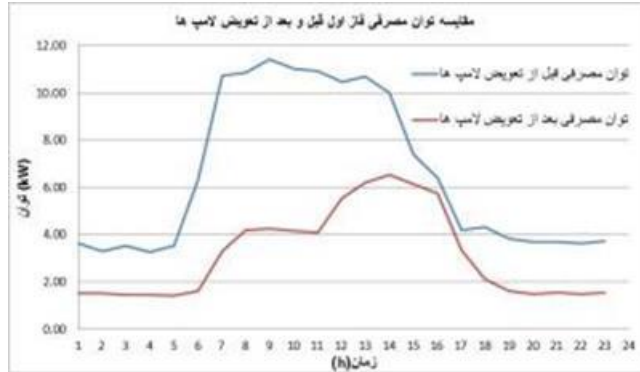
شده است.



نمودار شماره (۳): مقایسه THD جریان هر سه فاز قبل از تعویض لامپ‌ها همان طور که در شکل شماره ۳ مشخص است THD هر سه فاز در ساعات کار اداره به مقدار متوسطی در حدود ۴۰ درصد رسیده است که نمایانگر استفاده از تجهیزات هارمونیک‌زا مانند لامپ‌های کم‌مصرف فلورسنت، رایانه‌ها، UPS‌ها می باشد [1]. در جدول شماره ۶ شاخص‌های ارزیابی کیفیت توان (THDI) و (THDV) فازهای مختلف بعد از تعویض لامپ‌ها با لامپ‌های LED آورده شده است:

جدول (۶): مولفه‌های کیفیت توان سیستم تغذیه ساختمان بعد از تعویض

زمان (h)	thd U1	thd I1	thd U2	thd I2	thd U3	thd I3
1	2.23	12.04	2.46	4.79	2.58	13.76
2	2.06	7.42	2.33	0.00	2.36	13.34
3	2.11	2.46	2.30	0.00	2.34	13.67
4	2.17	11.49	2.37	0.00	2.46	13.79
5	2.22	12.06	2.42	0.00	2.50	13.86
6	2.37	8.03	2.52	16.02	2.65	20.42
7	3.17	52.52	3.23	41.78	3.63	31.97
8	3.79	49.39	3.79	53.45	4.29	35.48
9	3.88	47.46	3.95	35.31	4.52	33.52
10	3.91	43.71	3.77	27.43	4.64	26.64
11	3.91	43.23	3.83	26.02	4.69	28.24
12	3.75	34.64	3.64	22.63	4.47	28.11
13	3.07	23.50	3.00	18.71	3.83	25.58
14	3.04	27.56	3.13	22.76	3.84	26.49
15	2.79	26.73	2.97	22.28	3.41	25.63
16	2.65	23.49	2.78	18.64	3.06	22.61
17	2.68	30.83	2.97	16.12	3.18	27.16
18	2.86	37.42	3.22	17.53	3.26	20.61
19	3.15	10.07	3.63	4.10	3.51	15.59
20	2.98	11.94	3.25	4.16	3.39	14.44
21	2.67	13.36	2.91	13.16	3.36	15.44
22	2.51	5.49	2.70	0.00	3.05	15.22
23	2.46	3.91	2.61	0.00	2.89	14.49



شکل شماره (۲): مقایسه توان مصرفی فاز اول قبل و بعد از تعویض لامپ‌ها با توجه به شکل شماره ۲ مشخص است که توان مصرفی کاهش قابل توجهی نسبت به حالت قبل از تعویض لامپ‌ها پیدا کرده است [1][4][5]. مطالعه سیستم تغذیه ساختمان از نظر مولفه‌های کیفیت توان شاخصه‌های ارزیابی کیفیت توان (THDI) و (THDV) فازهای مختلف سیستم تغذیه در جدول شماره ۵ آورده شده است [1][2]:

جدول (۵): مولفه‌های کیفیت توان سیستم تغذیه ساختمان قبل از تعویض

زمان (h)	thd U1	thd I1	thd U2	thd I2	thd U3	thd I3
1	3.048	11.524	2.71349	0	2.71349	8.25175
2	2.98294	11.5904	2.58131	0	2.58131	14.8728
3	2.96725	8.66303	2.52703	0	2.52703	7.55784
4	2.99348	11.1656	2.53311	0	2.53311	1.08238
5	3.01622	11.4562	2.52381	0	2.52381	1.88924
6	3.87537	49.7482	3.59939	40.0531	3.59939	45.2971
7	5.66887	43.4355	5.18066	43.4738	5.18066	52.1905
8	5.94227	41.3994	5.25503	40.8186	5.25503	44.6128
9	6.42749	38.8149	5.58209	38.7599	5.58209	43.7139
10	6.5109	39.3188	5.60434	38.8262	5.60434	41.2803
11	6.18877	39.6768	5.34656	40.0211	5.34656	44.4445
12	5.60275	38.3097	4.84189	37.2087	4.84189	43.3686
13	5.43275	40.2246	4.45538	36.3545	4.45538	41.7639
14	5.4515	40.1591	4.48718	44.2363	4.48718	43.8266
15	4.92645	41.6127	3.93499	39.964	3.93499	42.2233
16	4.85796	37.5667	3.84676	27.7015	3.84676	31.158
17	4.0858	24.9857	3.5061	14.7201	3.5061	17.8061
18	4.90571	18.7227	4.42807	4.93685	4.42807	8.42897
19	4.53499	9.79993	3.90826	0	3.90826	3.90615
20	3.9752	8.55887	3.35014	0	3.35014	9.31578
21	3.47064	9.95087	3.0922	0	3.0922	7.02555
22	3.36919	13.1144	3.16732	0	3.16732	1.71266
23	3.22226	17.0347	3.03728	0	3.03728	0

نمودار THDI هر سه فاز قبل از تعویض لامپ‌ها در زیر رسم

نمودار THD I هر سه فاز بعد از تعویض لامپها در زیر رسم شده است.

### سپاسگزاری

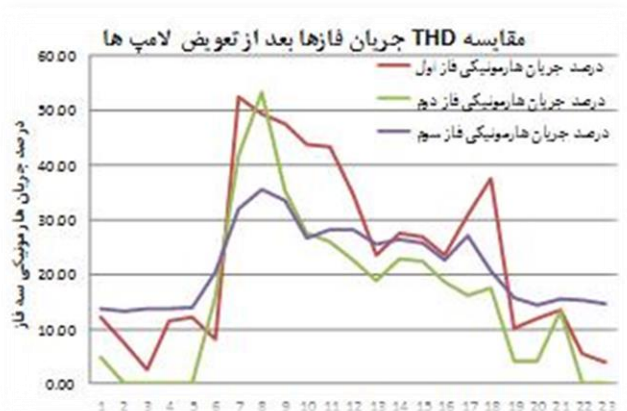
با سپاس فراوان از استاد گرامی جناب آقای دکتر مجید دهقانی، گروه مدیریت مصرف شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان و واحد دانشجویی خانه فرهنگ و مدیریت مصرف انرژی که ما را در انجام پژوهش یاری نموده‌اند.

### مراجع

- [1] Xin Zhou, Da Yana, "Data analysis and stochastic modeling of lighting energy use in large office buildings in China" Energy and buildings, Volume 86, January 2015, Pages 275-287, 2014.
- [2] Islam, M.S., "Power quality effect of using incandescent, fluorescent, CFL and LED lamps on utility grid" First Workshop on Smart Grid and Renewable Energy (SGRE). Qatar, pp. 1-5, 2015.
- [3] Manganelli, M., "Design and energy performance assessment of high-efficiency lighting systems," 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC). Italy, pp. 1035-1040, 2015.

[۴] حسین بهرامی، محمد علی شفیعی زاده، محمودرضا قهارپور، غلامرضا کبریایی طبری و کیان نجف زاده "صرفه جویی انرژی در سیستم های الکتریکی" وزارت نیرو سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)، ۲ مهر ۱۳۸۸

[۵] کیان نجف زاده - غلامرضا کبریایی - محمد رضا قهار پور - محمد علی شفیعی زاده - مطلب میری - حسین بهرامی "سیستم های الکتریکی"، وزارت نیرو-سازمان بهره وری انرژی ایران ۱ خرداد ۱۳۸۸



نمودار شماره (۴): مقایسه THD I جریان هر سه فاز بعد از تعویض لامپها با توجه به نمودار شماره ۴ میتوان مشاهده کرد که هارمونیک های جریان کاهش قابل ملاحظه ای را داشته‌اند. درصد جریان هارمونیک فازها به مقدار متوسط ۲۵ درصد جریان اصلی تقلیل پیدا کرده‌اند.

### نتیجه گیری

با توجه به افزایش شدت مصرف انرژی در کشور و محدود بودن منابع انرژی، ممیزی و بهینه سازی انرژی در بخش ساختمانی و صنعتی کشور اهمیت زیادی می‌یابد. در این راستا ممیزی انرژی در یک ساختمان اداری انجام گردید و در قدم اول سیستم روشنایی ساختمان که از نوع لامپهای فلورسنت و پروژکتورهای پرفشار گازی بود با سیستم روشنایی LED جایگزین گردید. در اندازه گیری های انجام شده، توان مصرفی فازی که تغذیه سیستم روشنایی را بر عهده داشت به میزان ۷۰ درصد کاهش داشت. مولفه های کیفیت توان (THD I) و (THDV) فازهای مختلف از مقدار متوسط ۴۰ درصد جریان کل در ساعات کاری به میزان ۲۵ درصد تقلیل یافته است. این کاهش نشان دهنده بهبود مولفه های کیفیت توان سیستم است.