

УДК 621.313.13

Терентьев Павел Валерьевич,
к.т.н., доцент кафедры «МЖиЭСХ»,
Нижегородский государственный агротехнологический
университет им. Флорентьева Л. Я.,
г. Нижний Новгород

Гладков Максим Игоревич, магистрант,
Нижегородский государственный агротехнологический
университет им. Флорентьева Л. Я., г.
Нижний Новгород

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ПИТАЮЩЕГО
НАПРЯЖЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ
STUDY OF THE EFFECT OF SUPPLY VOLTAGE DEVIATIONS
ON THE CHARACTERISTICS OF AN ELECTRIC MOTOR**

Аннотация: Данное исследование направлено на изучение современных технологий и выявление их недостатков с помощью изменения питающего напряжения.

Abstract: This study is aimed at studying modern technologies and identifying their shortcomings by changing the supply voltage.

Ключевые слова: электродвигатель, изменение напряжения, анализатор качества электроэнергии, нормативные требования к качеству электроэнергии, график изменения технических параметров.

Keywords: electric motor, voltage change, power quality analyzer, power quality regulations, technical parameter change schedule.

Электродвигатели используются повсеместно, они становятся технически все сложнее, что часто может осложнять поддержание их работы на пике эффективности. Важно помнить, что причины неисправностей электродвигателей и приводов не ограничиваются одной областью специализации: они могут быть как механического, так и электрического характера. Напряжение сети сильно влияет на работоспособность оборудования, поэтому стабильная работа электродвигателей является важной задачей в современном мире. Нестабильность напряжения вызывает серьезные проблемы в работе электродвигателей, тем самым, снижая срок службы, увеличивая потери в электрической сети и увеличивая процент брака выпускаемой продукции [3].

Целью данной исследовательской работы является: изучить, как изменяются технические характеристики электродвигателя при изменении питающего напряжения [4, 5]. Схема лабораторной установки приведена на рисунке 1 [1, 2]. Результаты проведенного исследования приведены в табл. 1-2.



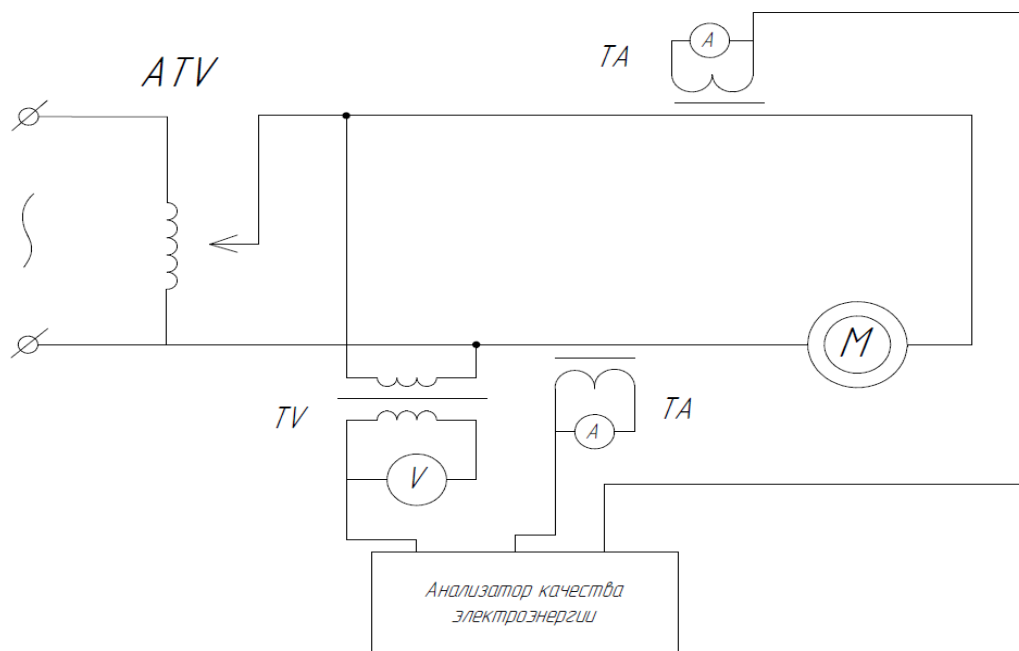


Рис.1 – Схема лабораторной установки

ТА – измерительный трансформатор тока, TV – измерительный трансформатор напряжения, М – электродвигатель, ATV – лабораторный автотрансформатор.

Таблица 1.

Результаты замеров.

U, В	I, А	P, кВт	Q, кВар	S, кВА	cosφ
260	1,395	0,166	0,317	0,361	0,47
255	1,34	0,162	0,299	0,341	0,49
250	1,301	0,155	0,285	0,326	0,49
245	1,265	0,149	0,271	0,31	0,49
240	1,23	0,142	0,255	0,293	0,48
235	1,196	0,138	0,245	0,282	0,49
230	1,161	0,131	0,232	0,267	0,49
225	1,129	0,126	0,22	0,254	0,49
220	1,1	0,12	0,21	0,242	0,49
215	1,076	0,116	0,201	0,232	0,5
210	1,037	0,109	0,187	0,218	0,5
205	1,013	0,106	0,178	0,208	0,51
200	0,98	0,101	0,168	0,197	0,52
195	0,952	0,096	0,157	0,186	0,52
190	0,923	0,094	0,148	0,176	0,54
185	0,901	0,09	0,14	0,167	0,54
180	0,881	0,087	0,132	0,159	0,55
175	0,85	0,083	0,124	0,15	0,56
170	0,822	0,08	0,115	0,139	0,57



165	0,801	0,076	0,107	0,132	0,58
160	0,783	0,074	0,102	0,126	0,58
155	0,755	0,07	0,094	0,118	0,59
150	0,732	0,066	0,087	0,11	0,6
145	0,716	0,064	0,08	0,104	0,63
140	0,694	0,063	0,075	0,098	0,64
135	0,683	0,061	0,068	0,091	0,65

Таблица 2.

Результаты замеров коэффициентов нелинейных искажений.

THDi, %	THDi3,%	THDi5,%	THDi7,%	THDi9,%	THDi11,%	THDi13,%	THDi15,%
7,8	7,7	1,3	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1
7,7	7,6	1,2	0,4	0,2	0,2	0,3	0
7,4	7,3	1,2	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1
7,3	7,2	1	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1
7,4	7,3	1	0,5	0,2	0,2	0,2	0
7,1	7	1,1	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1
7	6,9	1,1	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1
6,6	6,5	1,1	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1
6,8	6,7	1	0,4	0,3	0,2	0,2	0
6,8	6,7	1	0,5	0,2	0,3	0,2	0
6,2	6	1,1	0,5	0,2	0,3	0,1	0,1
6	5,9	0,8	0,4	0,2	0,3	0,2	0,1
6	5,9	0,9	0,4	0,3	0,1	0,2	0
6,1	5,9	1,1	0,4	0,2	0,2	0,2	0
6,2	6,1	0,9	0,4	0,1	0,1	0,3	0,1
6,1	5,9	0,9	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2
5,8	5,6	0,9	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3
5,7	5,6	0,9	0,6	0,3	0,3	0,1	0,3
5,6	5,5	0,8	0,5	0,2	0,1	0,2	0,4
5,4	5,3	0,8	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2
5,5	5,3	0,8	0,5	0,3	0,1	0,4	0,1
5,2	5,1	0,7	0,6	0,1	0,2	0,2	0
5,4	5,2	0,9	0,3	0,4	0,3	0,2	0
5,3	5,2	0,8	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1
5,1	5	0,9	0,5	0,2	0,2	0,4	0,1
5,1	5	0,8	0,3	0,1	0,3	0,5	0,1

По результатам проведенных исследований построены графики зависимостей рисунки 2-3.



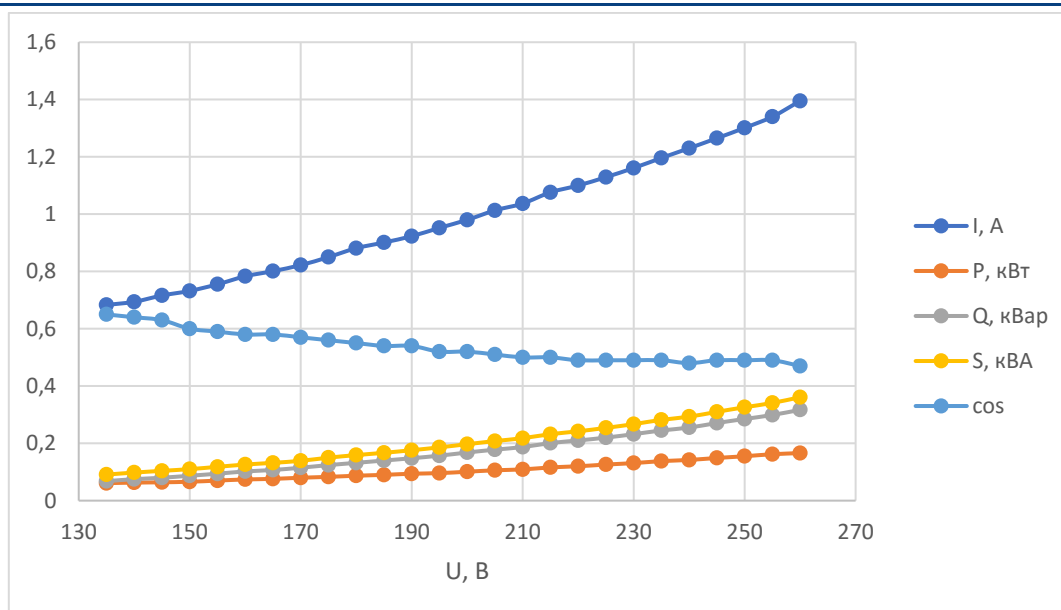


Рис. 2 – График зависимостей измеренных показателей от отклонения напряжения.

По результатам зависимостей видно, что с повышением напряжения от 135 В до 260 В идет изменения силы тока, активной мощности, реактивной мощности, полной мощности и коэффициента мощности. А именно повышаются сила тока, активная мощность, реактивная мощность, полная мощность, при этом коэффициент мощности уменьшается [3, 7].

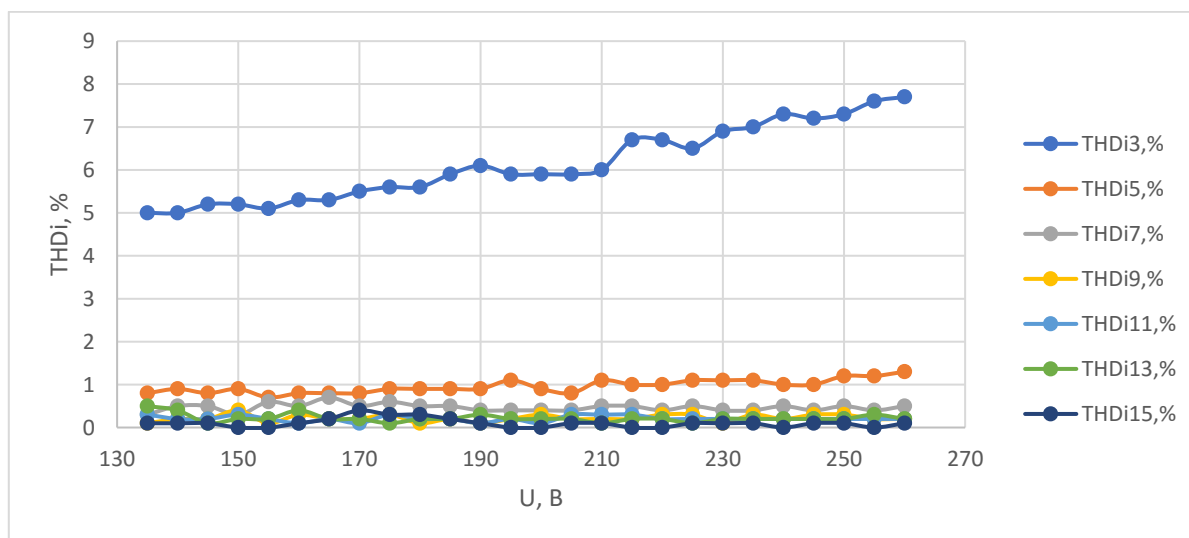


Рис. 3 – График зависимостей коэффициентов нелинейных искажений (3-15 гармоник) от отклонений напряжения.

По результатам измерения коэффициентов нелинейных искажений с 3-15 гармонику, следует сделать вывод, что с повышение напряжения от 135 В до 260 В повышается коэффициент нелинейных искажений 3-ей гармоники, в тоже время коэффициенты нелинейных искажений 7-15 гармоник остаются на одном уровне [3, 6].

На основании проведенных исследований получены регрессионные уравнения и величина достоверности аппроксимации (R2):



$$\begin{aligned} I &= 0,0056U - 0,1181, \text{ A} & (1) \\ R^2 &= 0,9901 \\ P &= -0,0013U + 0,8005, \text{ кВт} & (2) \\ R^2 &= 0,9103 \\ Q &= 0,0019U - 0,211, \text{ кВар} & (3) \\ R^2 &= 0,9837 \\ S &= 0,0021U - 0,2131, \text{ кВА} & (4) \\ R^2 &= 0,9814 \\ \cos\varphi &= -0,0013U + 0,8005 & (5) \\ R^2 &= 0,9103 \\ \text{THDi} &= 8\text{E-}05U^2 - 0,0109U + 5,0757, \% & (6) \\ R^2 &= 0,9709 \\ \text{H3} &= 9\text{E-}05U^2 - 0,0147U + 5,2769, \% & (7) \\ R^2 &= 0,9718 \\ \text{H5} &= 0,0033U + 0,3052, \% & (8) \\ R^2 &= 0,6943 \\ \text{H7} &= -0,0003U + 0,5235, \% & (9) \\ R^2 &= 0,0159 \\ \text{H9} &= 0,0004U + 0,1477, \% & (10) \\ R^2 &= 0,0299 \\ \text{H11} &= 5\text{E-}06U^2 - 0,0021U + 0,4186, \% & (11) \\ R^2 &= 0,0132 \\ \text{H13} &= -0,0008U + 0,3772, \% & (12) \\ R^2 &= 0,1062 \\ \text{H15} &= -2\text{E-}05U^2 + 0,0054U - 0,3355, \% & (13) \\ R^2 &= 0,1032 \end{aligned}$$

По графикам, построенных из данных, полученных в ходе исследования, видно, что при уменьшении входного питающего напряжения, технические характеристики электродвигателя изменяются: сила тока уменьшается, активная мощность уменьшается, реактивная мощность уменьшается, полная мощность уменьшается, коэффициент мощности увеличивается, THDi уменьшается. По графикам были получены регрессионные уравнения зависимостей силы тока, активной мощности, реактивной мощности, полной мощности и суммарного коэффициента гармонических колебаний тока от уровня питающего напряжения в электрической сети, по которым можно отследить числовые изменения этих параметров при любом питающем напряжении.

Список литературы:

1. Правила устройства электроустановок, 7-е издание, утверждено приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204, 2017 г.
2. ГОСТ 2.755-87 «Обозначения условные графические в схемах», – Введ. 1988-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005.
3. Филатов Д. А., Терентьев П. В. Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость в электроэнергетике сельского хозяйства: учебное пособие: Нижегородская ГСХА, 2017. 116 с.
4. ГОСТ 32144-2013. «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». – Введ. 2014-07-01. – М.: Стандартинформ, 2014.



5. Министерство энергетики Российской Федерации Приказ от 28 августа 2023 года №690 «Об утверждении требований к качеству электрической энергии, в том числе распределению обязанностей по его обеспечению между субъектами электроэнергетики и потребителями электрической энергии».

6. ГОСТ 30804.4.7-2013 «Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств». – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013.

7. Савина Н.В. Качество электроэнергии: учебное пособие / Н.В. Савина. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2014. – 182 с.

