

Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию С. Сейфуллина = С. Сейфуллиннің 130 жылдығына арналған халықаралық ғылыми - практикалық конференциясының материалдары. - 2024. – Ч. II. - С. 132-136.

УДК 621.313.333

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПЕРЕГРУЗОК

*Мухамадиев Б.Е., магистрант 2 курса
Казахский агротехнический исследовательский университет им
С.Сейфуллина, г. Астана*

Асинхронные электродвигатели (АД) являются неотъемлемой частью различных механизмов и устройств в сельском хозяйстве. Они используются для привода насосов, вентиляторов, компрессоров, мельниц, конвейеров и других механизмов, обеспечивающих жизненно важные процессы в агропромышленном комплексе. Однако, перегрузки и неисправности асинхронных электродвигателей могут приводить к серьезным сбоям в работе оборудования, что в свою очередь вызывает значительные экономические потери и повышает затраты на ремонт и обслуживание.

В последние годы объемы государственной поддержки агропромышленного комплекса (АПК) в Казахстане продолжали стабильно расти. В частности, объемы лизинговых программ увеличились на 155% с 2017 по 2020 год, достигнув 114 миллиардов тенге. Одновременно с этим объемы субсидирования возросли на 20,4%, достигнув 260,5 миллиардов тенге. На фоне этих изменений значительно выросли и объемы льготного кредитования сезонных сельскохозяйственных работ: с 67,3 миллиардов тенге в 2017 году до 86,2 миллиардов тенге в 2020 году.

Благодаря данным мерам государственной поддержки, агропромышленный комплекс Республики Казахстан демонстрирует положительную динамику развития. В результате увеличились объемы производства сельскохозяйственной продукции и продуктов её переработки. Также наблюдается рост оснащенности агропромышленного комплекса современным оборудованием и высокопроизводительной сельскохозяйственной техникой [1].

Для диагностики и предотвращения перегрузок асинхронных электродвигателей важно контролировать следующие основные электрические параметры: напряжение (U), ток (I), сопротивление (R), индуктивность (L), мощность (P) и косинус угла фазового сдвига ($\cos \varphi$).

Перегрузки оказывают значительное влияние на электрические параметры асинхронных электродвигателей. Основные эффекты включают:

- Повышение тока: перегрузка вызывает увеличение потребляемого тока, что может привести к перегреву обмоток и выходу двигателя из строя.

- Увеличение потерь мощности: при перегрузке увеличиваются активные и реактивные потери, что снижает общую эффективность двигателя.
- Изменение температуры: перегрузка приводит к повышению температуры обмоток и подшипников, что ускоряет их износ и может вызвать выход из строя.
- Ухудшение $\cos \varphi$: перегрузка вызывает снижение $\cos \varphi$, что свидетельствует о повышении реактивной составляющей тока и снижении эффективности работы двигателя.

Прежде чем перейти к анализу, необходимо убедиться, что все необходимые параметры были измерены корректно и данные были записаны в удобном для обработки формате. Данные снимались в реальном времени в компьютер для дальнейшей обработки при помощи METREL MI 2892.

MI 2892 Power Master - это портативный анализатор качества электроэнергии с трехфазным измерением. Его графический цветной дисплей позволяет легко обнаруживать гармоники, векторы и аномалии осциллограмм. Прибор подходит для длительной регистрации и устранения проблем с качеством электроэнергии в трехфазных и однофазных системах. Благодаря кнопкам быстрой настройки, устройство обеспечивает удобный и быстрый доступ к данным для поиска неисправностей. Программное обеспечение PowerView3 позволяет подробно анализировать данные, считывать их с карты microSD и автоматически создавать отчеты [2].

В нормальных режимах работы асинхронного двигателя параметры должны находиться в следующих диапазонах: напряжение: в пределах номинального значения с допустимыми отклонениями, ток: не должен превышать номинальный ток двигателя, температура: должна быть в пределах допустимых значений, указанных в технической документации на двигатель [3].

Векторная диаграмма — это графическое представление векторов напряжений и токов в асинхронном двигателе. Она позволяет визуально оценить фазовые соотношения и амплитуды этих векторов. На диаграмме откладываются векторы напряжений, токов и магнитных потоков, что помогает анализировать работу двигателя и выявлять возможные проблемы. В идеальном случае, при сбалансированной нагрузке и симметричном питании, векторы напряжений и токов расположены равномерно относительно друг друга. Векторная диаграмма снята с помощью METREL MI 2892 и указана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Векторная диаграмма АД

В нормальном режиме работы углы между векторами напряжений и токов должны составлять 120 градусов, что подтверждает симметрию и стабильность системы. Отклонения от этих значений могут указывать на различные неисправности или несимметричную нагрузку [4].

Форма сигнала — это графическое представление изменения напряжения во времени. В идеале, форма сигнала напряжения для асинхронного двигателя должна быть синусоидальной. Форма сигнала, снятая с помощью METREL MI 2892 представлена на рисунке 2.

Анализ формы сигнала:

Идеальная форма сигнала должна быть синусоидальной. Наличие искажений указывает на гармонические искажения или другие проблемы с источником питания.

Амплитуда сигнала должна быть стабильной и соответствовать номинальным значениям. Если амплитуда значительно колеблется, это может указывать на проблемы с питанием или нагрузкой.

Сигнал должен быть периодическим с частотой, соответствующей частоте сети. Неправильная частота может указывать на неисправности в системе питания [4].

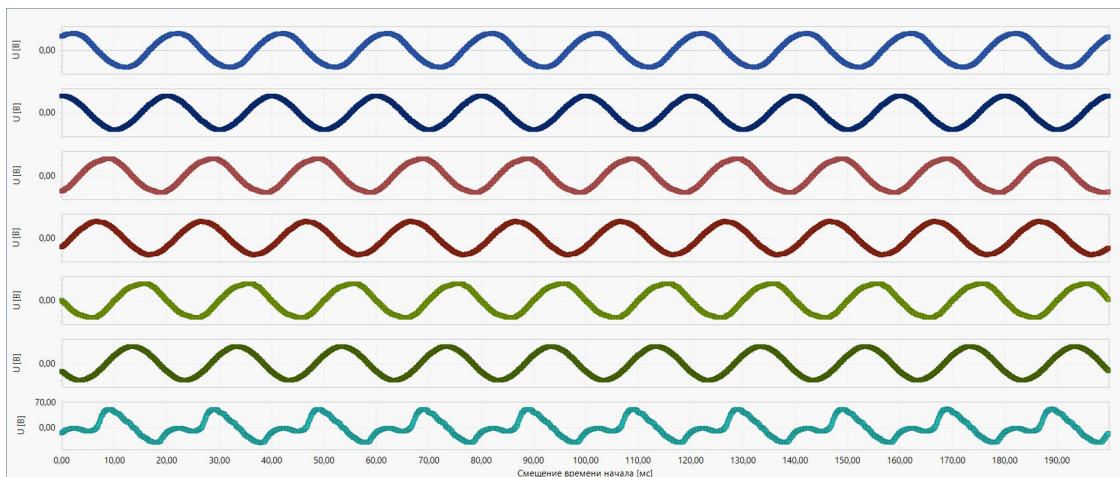


Рисунок 2 – Форма сигнала напряжений

Использование MI 2892 Power Master для измерения мощности в соответствии со стандартом IEEE 1459 предоставляет точные и подробные данные, необходимые для анализа качества электроэнергии и выявления проблем в системе распределения питания. На рисунке 3 представлены полученные значения.

IEEE 1459 – это стандарт, разработанный Институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE), который определяет методы расчета различных показателей мощности в электрических системах, включая активную, реактивную, полную и искаженную мощности. Стандарт учитывает как гармонические, так и негармонические составляющие сигнала, обеспечивая комплексное понимание распределения мощности в системе.

IEEE 1459 Измерение мощности							
Символ	Имя	L1	L2	L3	LN	Сумма	Единица измерения
Нет основной							
Sn	Apparent Non Fundamental Effective...	32,551	35,645	39,028	---	174,54	ВА
Dn	Токвое искажение неактивной мо...	24,355	24,369	24,851	---	139,95	вар
Dv	Искажение напряжения неактивно...	21,578	25,993	30,069	---	104,26	вар
Sn	Полная мощность гармоник	0,8939	1,0194	1,2172	---	8,0009	ВА
Dn	Гармоническое искажение неактив...	0,7688	0,9925	1,1003	---	7,8089	вар
Pa	Активная мощность гармоник	0,4561	0,2328	0,5205	---	1,2094	Вт
HP	Гармоническое искажение	5,5366	5,7366	6,3572	---	9,570	%
Объединенная							
P	Активная мощность	131,46	142,74	97,487	---	371,69	Вт
N	Реактивная мощность	576,04	607,83	609,37	---	1 793,2	вар
S / Se	Фазная полная мощность / Суммар...	590,85	624,37	617,12	---	1 832,1	ВА
PF	Фазный коэффициент мощности / ...	0,2225	0,2286	0,1580	---	0,2029	
Основная							
ФФ0V0+	Фазная основная реактивная мощ...	573,15	604,79	606,22	---	1 784,1	вар
SФ0V / S+	Фазная основная полная мощност...	587,93	621,36	613,93	---	1 822,1	ВА
SФ00V	Несимметр. основная полная мощ...	---	---	---	---	75,764	ВА
DPF / DPF+	Фазный коэффициент реактивной/...	0,2228	0,2294	0,1579	---	0,2033	
LU	Несимметрия нагрузки	---	---	---	---	4,1580	%
РФ0V / P+	Фазная основная активная мощнос...	131,00	142,51	96,966	---	370,48	Вт

Рисунок 3 – Значение измерения мощности

Фазовые значения относятся к измерениям, сделанным между фазой и нейтралью в трехфазной системе. Эти значения важны для оценки состояния каждой фазы в отдельности и диагностики возможных неисправностей в системе.

Анализ фазовых значений:

Симметрия фаз: Напряжения всех фаз должны быть примерно равными. Значительные отклонения могут указывать на проблемы с нагрузкой или неисправности.

Стабильность: Напряжения должны оставаться стабильными во времени. Колебания могут указывать на нестабильность источника питания или неправильную работу оборудования.

Линейные значения (межфазные значения) - это напряжения, измеренные между двумя фазами в трехфазной системе. Эти значения важны для оценки правильности работы трехфазной системы и обеспечения равномерного распределения нагрузки.

Пиковые значения представляют собой максимальные значения напряжений или токов, достигаемые в каждой фазе за определенный период времени. Эти значения важны для выявления кратковременных всплесков или провалов, которые могут негативно влиять на работу оборудования [5].

Фазовые, линейные и пиковые значения, измеренные с помощью MI 2892 Power Master указаны на рисунке 4, предоставляют важную информацию о состоянии электрической системы. Анализ этих данных позволяет выявлять и устранять проблемы, обеспечивая стабильную и эффективную работу оборудования.

Фазные значения									
Символ	Имя	L1	L2	L3	LN	Сумма	Единица измерения		
U	Напряжение	234,13	234,56	233,61	27,050	---	В		
I	Ток	2,5236	2,6619	2,6417	0,0000	---	А		
f	Частота	49,987	---	---	---	---	Гц		
THD U	THD напряжения	3,6702	4,1833	4,8978	59,362	---	%		
THD I	THD тока	8,5775	9,793	11,414	13,775	---	В		
THD I	THD тока	4,1425	3,9220	4,0479	38,063	---	%		
THD I	THD тока	0,1042	0,1041	0,1066	0,0000	---	А		
CFu	Лин-фактор напряжения	1,3784	1,4105	1,3902	---	---			
CFI	Лин-фактор тока	1,4358	1,4495	1,4681	---	---			
PF	Флакер PFT	---	---	---	---	---			
PF	Флакер PST	---	---	---	---	---			
PS(1min)	Флакер PST 1min	---	---	---	---	---			
T	Температура	---	---	---	---	---	°C		
Линейные значения									
Символ	Имя	L12	L23	L31	Сумма	Единица измерения			
U	Напряжение	404,53	405,75	405,12	---	В			
THD U	THD напряжения	---	---	---	---	%			
THD U	THD напряжения	---	---	---	---	В			
CFu	Лин-фактор напряжения	1,4321	1,4391	1,4216	---	---			
Umin1/2	Мин. СКЗ напряжение одного пери...	---	---	---	---	В			
Umax1/2	Макс. СКЗ напряжение (после сброс...	---	---	---	---	В			
Ucspk	Макс. пик. напряжение (после сброс...	579,33	583,93	575,93	---	В			
Пиковые значения (после последнего пользовательского сброса)									
Символ	Имя	L1	L2	L3	LN	Сумма	Единица измерения		
Umin1/2	Мин. СКЗ напряжение одного пери...	233,75	234,38	232,71	---	В			
Umax1/2	Макс. СКЗ напряжение (после сброс...	234,30	234,95	233,69	---	В			
Ucspk	Макс. пик. напряжение (после сброс...	322,73	330,84	324,76	---	В			
Imin1/2	Мин. СКЗ за полпериода (после сб...	2,4973	2,6331	2,6144	---	А			
Imax1/2	Макс. СКЗ за полпериода (после с...	2,5409	2,6778	2,6602	---	А			
IpeakRms	Макс. пик (после сброса)	3,6233	3,8584	3,8783	0,0000	А			

Рисунок 4 – Фазовые, линейные и пиковые значения

Обработка и анализ данных, полученных с помощью METREL MI 2892, являются важными этапами в диагностике состояния асинхронного электродвигателя и предотвращении перегрузок. Корректный сбор, обработка и интерпретация данных позволяют своевременно выявлять потенциальные проблемы и принимать меры для их устранения, что существенно повышает надежность и эффективность работы оборудования.

В заключение, асинхронные электродвигатели играют ключевую роль в функционировании сельскохозяйственного оборудования, обеспечивая эффективный привод различных механизмов. С ростом государственной поддержки агропромышленного комплекса Казахстана, включая увеличение лизинговых программ и субсидий, важно не только оснастить предприятия современным оборудованием, но и обеспечить его надежную эксплуатацию.

Проведенные исследования показали, что контроль основных электрических параметров, таких как напряжение, ток и мощность, необходим для предотвращения перегрузок и неисправностей. Использование современных

диагностических инструментов, таких как MI 2892 Power Master, позволяет в реальном времени отслеживать состояние электродвигателей и оперативно реагировать на изменения, что существенно снижает риски сбоев в работе и связанные с ними экономические потери.

Таким образом, интеграция современных технологий диагностики и мониторинга в эксплуатацию асинхронных электродвигателей является важным шагом к повышению эффективности агропромышленного комплекса, что в конечном итоге способствует устойчивому развитию сельского хозяйства в Казахстане.

Список литературы

1. Об утверждении Концепции развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021 – 2030 годы.

2. Электронный ресурс METREL. -URL: [Metrel d.o.o. - MI 2892 Power Master](#)

3. Хитров, АИ, Хитров, АА. (2024). *Общепромышленные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором*. Издательство: Инфра-Инженерия. 104.

4. Купцов, ВВ, Горзунов, АС, Сарваров, АС. (2009). Разработка методики токовой диагностики асинхронных двигателей по осциллограммам нестационарных режимов работы. *Вестник ЮУрГУ*, 34, 167.

5. Крупенин, НВ, Голубев, АВ, Завидей, ВИ. (2011). Новые возможности в диагностике электрических машин. *Электричество*, 9, 45–48.