



Практическая
Механика

198095, Россия, Санкт-Петербург
ул. Маршала Говорова, д. 52
+7 812 718-4090 тел.
+7 812 252-7703 факс
info@prmech.ru
<http://prmech.ru>

Отчет № 479/07-2014

Электродвигатель привода насоса P27220

Исполнители работ

Инженер-электрик отдела технического сервиса
ООО «Практическая Механика» Попов В.Н.
тел.: +7 812 332-3474
моб.: +7 911 988-8739
e-mail: vitaly.popov@prmech.ru

Средства проведения испытаний

Статический анализатор AWA IV-12
Динамический анализатор Explorer 4000
Тепловизор Mobir M3
Детектор электрических разрядов SKF TKED 1

Дата измерений

03.07.2014 г.





Цель работы:

- измерение параметров и оценка состояния обмотки статора:
 - измерение сопротивления обмоток, сопротивления изоляции;
 - измерение коэффициента абсорбции, индекса поляризации;
 - высоковольтные испытания;
 - испытание импульсом на определение межвитковых замыканий;
- проведение динамической диагностики двигателя в работе под нагрузкой:
 - оценка качества питания электродвигателя;
 - оценка режима работы электродвигателя;
 - оценка исправности электродвигателя;
 - определение дефектов приводного механизма
- поиск электрических разрядов в подшипниках и на корпусе двигателя;
- тепловизионное обследование электродвигателя и коммутационных аппаратов;
- идентификация дефектов;
- определение причин возникновения дефектов;
- оценка текущего состояния оборудования;
- выработка рекомендаций по устранению обнаруженных дефектов;
- выработка рекомендаций по эксплуатации оборудования.

Проведение статических испытаний

Условия проведения испытаний:

- испытания проводились с коробки выводов двигателя.

Таблица 1. Основные данные

Тип	№	Заводской номер	Номинальный ток, А	Номинальная мощность, кВт	Номинальное напряжение, В
Halter DDG160MA2	-	-	19.9	11	380

Таблица 2. Испытание сопротивления обмоток статора постоянному току

Фаза обмотки	R_{t1} , Ом	t_1 , °C	R_{t2}^* , Ом	t_2 , °C	K_p , %
V1 - V2	1.032	60	0.892	20	0.83
U1 - U2	1.023		0.884		
W1 - W2	1.040		0.899		

где $R_{t2}^* = R_{t1}(t_2 + 235)/(t_1 + 235)$ – приведенное к температуре t_2 значение сопротивления, измеренного при температуре t_1 ;

$K_p = (R_{tmax} / R_{tmin} - 1) \cdot 100\%$ – относительный коэффициент расхождения значений активного сопротивления обмоток (предельно допустимый K_p для данного типа ЭД – 2 %).



Таблица 3. Испытание сопротивления изоляции обмотки статора

Обозначение выводов обмотки	Сопротивление изоляции, МОм	
	R''_{60} при $T=60\text{ }^{\circ}\text{C}$	R''_{60} при $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$
V ($\perp$)	1207	4828
U ($\perp$)		
W ($\perp$)		

Изоляция обмотки статора испытана $U = 500\text{ В}$ в течение 1 минуты.

Минимальное значение $R''_{60} \geq 1\text{ МОм}$ (для данного типа ЭД).

Таблица 4. Измерение коэффициента абсорбции и индекса поляризации

Время, мин	Ток, мкА	Сопротивление, МОм	Индекс поляризации $K_{\text{пол}}$	Коэффициент абсорбции $K_{\text{абс}}$
0:15	0.45	1133		1.07
0:30	0.43	1186		
0:45	0.42	1214		
1:00	0.42	1214	—	

где коэффициент абсорбции $K_{\text{абс}} = I_{R60} / I_{R15}$ ($K_{\text{абс}} \geq 1.2$ для данного типа ЭД),

индекс поляризации $K_{\text{пол}} = I_{R600} / I_{R60}$ ($K_{\text{абс}} \geq 2.0$ для данного типа ЭД).

Изоляция обмотки статора испытана $U = 500\text{ В}$ в течение 3 минут.

Таблица 5. Испытание изоляции обмоток статора повышенным напряжением

Обозначение выводов обмотки	$U_{\text{исп.}}$, кВ	$I_{\text{ут.}}$, мкА ($t_{\text{исп.}}$ 60 с)	$U_{\text{исп.}}$, кВ	$I_{\text{ут.}}$, мкА ($t_{\text{исп.}}$ 60 с)	$U_{\text{исп.}}$, кВ	$I_{\text{ут.}}$, мкА ($t_{\text{исп.}}$ 60 с)	$U_{\text{исп.}}$, кВ	$I_{\text{ут.}}$, мкА ($t_{\text{исп.}}$ 60 с)	$U_{\text{исп.}}$, кВ	$I_{\text{ут.}}$, мкА ($t_{\text{исп.}}$ 60 с)	$K_{\text{и}}$
V ($\perp$)	610	0.52	960	0.90	1310	1.20	1660	1.70	2000	2.20	1.29
U ($\perp$)											
W ($\perp$)											

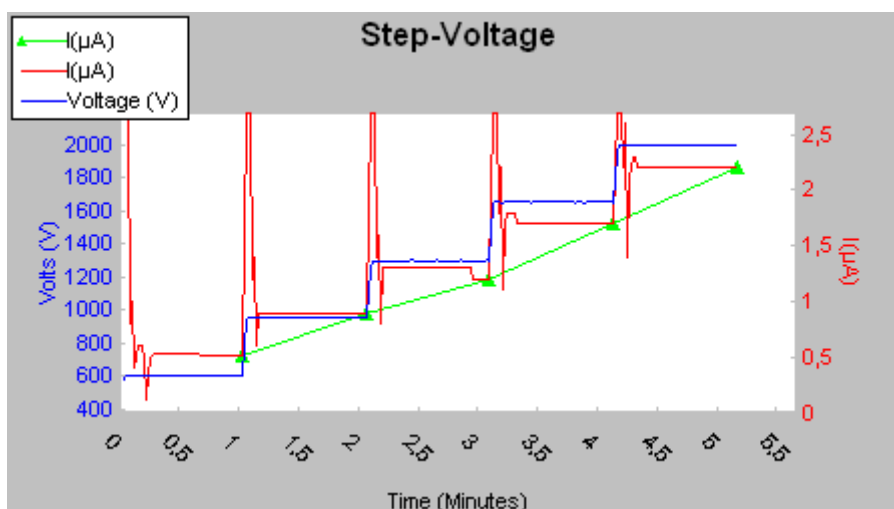


Рис.1. Измерение пошаговым напряжением

где $K_{\text{и}} = (I_{\text{ут. max}} U_{\text{исп. min}}) / (I_{\text{ут. min}} U_{\text{исп. max}})$ – коэффициент нелинейности;
максимальное рекомендуемое значение $K_{\text{и доп.}} \leq 2$.



Таблица 6. Испытание изоляции обмоток статора импульсом высокого напряжения

Фаза обмотки	Напряжение, В	$K_{пп}$, %	$K_{пп \text{ доп.}}$, %
V1 - U1	0-2000	2.0	10
U1 - W1	0-2000	1.9	10
W1 - V1	0-2000	2.0	10

где $K_{пп}$ – коэффициент площади погрешности (%);

$K_{пп \text{ доп.}}$ – предельно допустимое значение коэффициента погрешности (%).

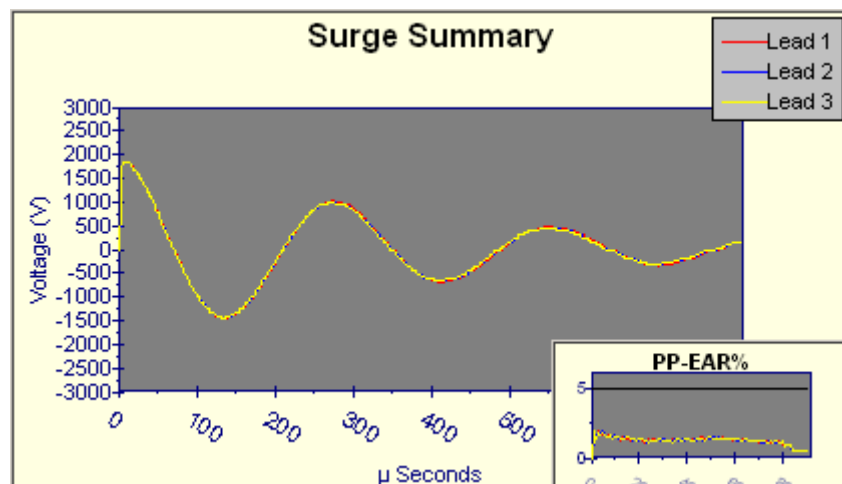


Рис. 2. Испытание импульсом

Проведение динамических испытаний

Условия проведения испытаний:

- испытания проводились с выводов коммутационного аппарата двигателя.

Таблица 7. Параметры питающей сети

Фаза	Напряжение, В	Ток, А	Дисбаланс по напряжению, %	Дисбаланс по току, %
V ($\perp$)	208.3	21.0	0.79	4.3
U ($\perp$)	208.3	22.7		
W ($\perp$)	206.5	21.6		

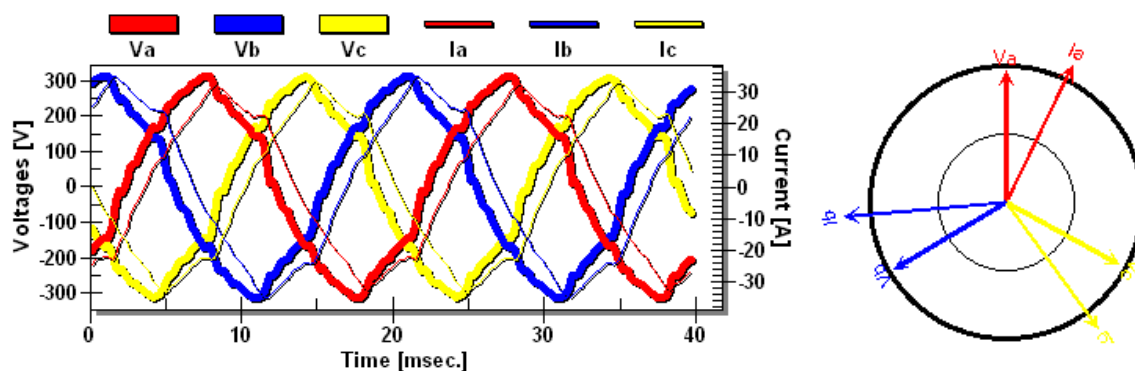


Рис. 3. График зависимости напряжения и тока от времени



Таблица 8. Режим работы электродвигателя

	Основные данные	Результаты измерений
Выходная мощность, кВт	11.00	10.47
Скорость вращения, об/мин	2915	2905.03
Рабочее напряжение, В	400	359.71
Рабочий ток, А	19.90	21.80
Рабочая частота, Гц	50	50
Коэффициент мощности K_p	—	0.90
Момент на валу, Нм	—	34.42
Процент загрузки, %	—	95.18

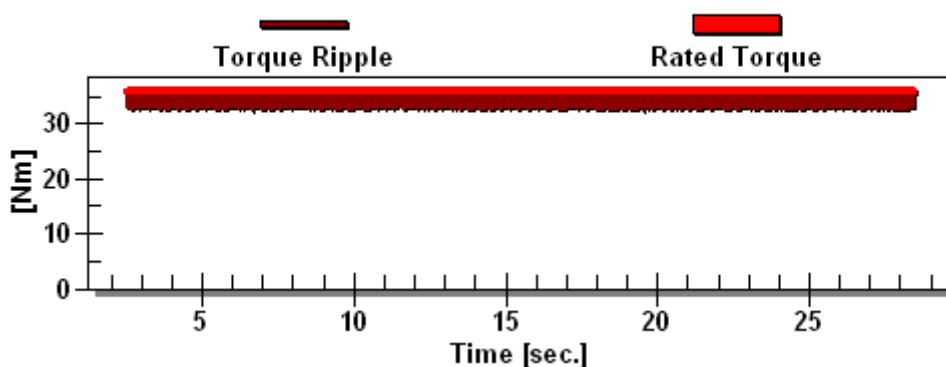


Рис. 4. График зависимости момента на валу от времени

Таблица 9. Общие параметры

Тест	Значение	Оценка	Выше/ ниже нормы	Опасный уровень
Уровень напряжения, %	89.93	Ниже нормы	110/90	120/80
Дисбаланс напряжения, %	0.79	Норма	2.00	3.50
Гармонические искажения, %	7.62	Выше нормы	7.00	9.00
Общие искажения, %	7.67	Норма	10.00	12.00
Уровень тока, %	114.28	Выше нормы	110.00	120.00
Дисбаланс тока, %	4.31	Норма	10.00	20.00
Процент загрузки, %	95.18	Норма	110.00	125.00
Сервис фактор р.и	0.95	Норма	1.10	1.25
Вибрация на валу, Дб	-51.04	Норма	-45.00	-36.00

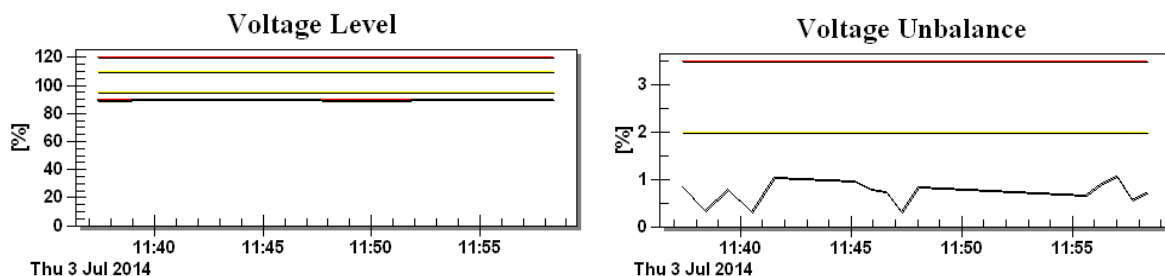


Рис. 5. Уровень напряжения и дисбаланс напряжения по результатам серии тестов



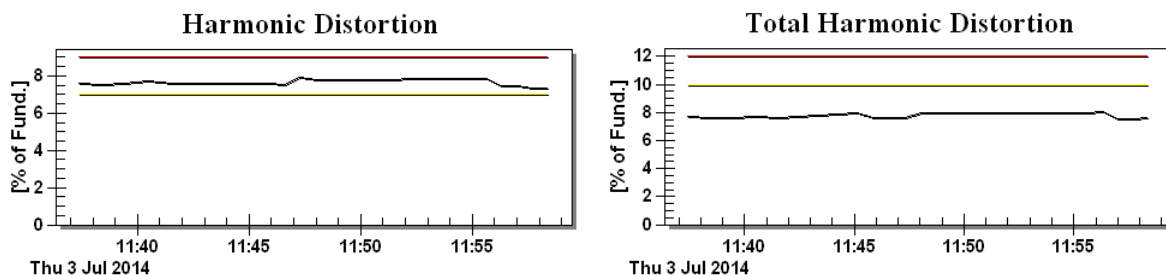


Рис. 6. Гармонические искажения и общие искажения питающего напряжения по результатам серии тестов

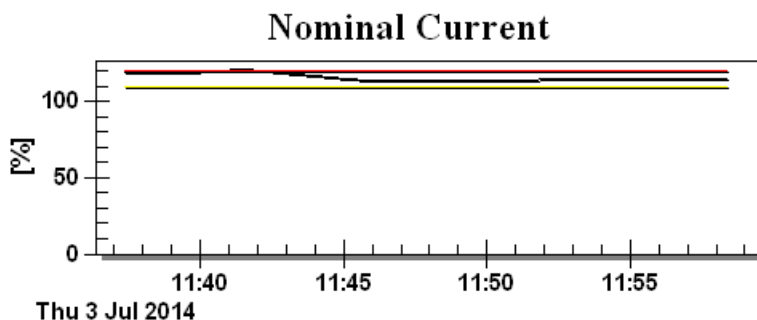


Рис. 7. Уровень тока по результатам серии тестов

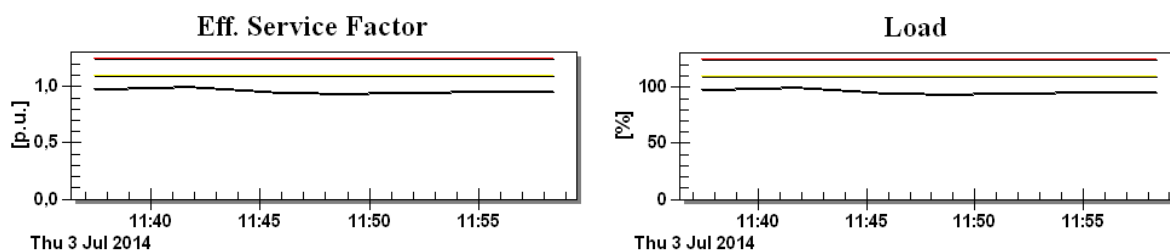


Рис. 8. Значение сервис фактора и процента загрузки ЭД по результатам серии тестов

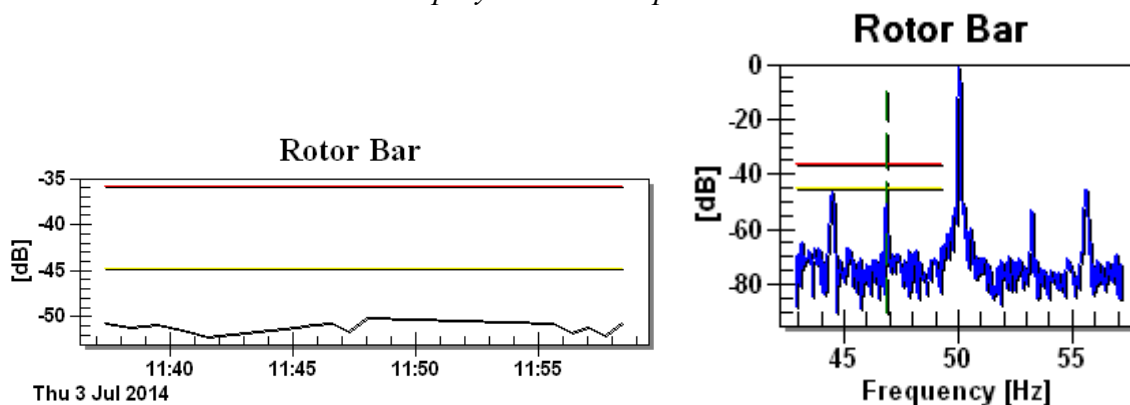


Рис. 9. Значение вибрации на валу и граница частоты по результатам серии тестов



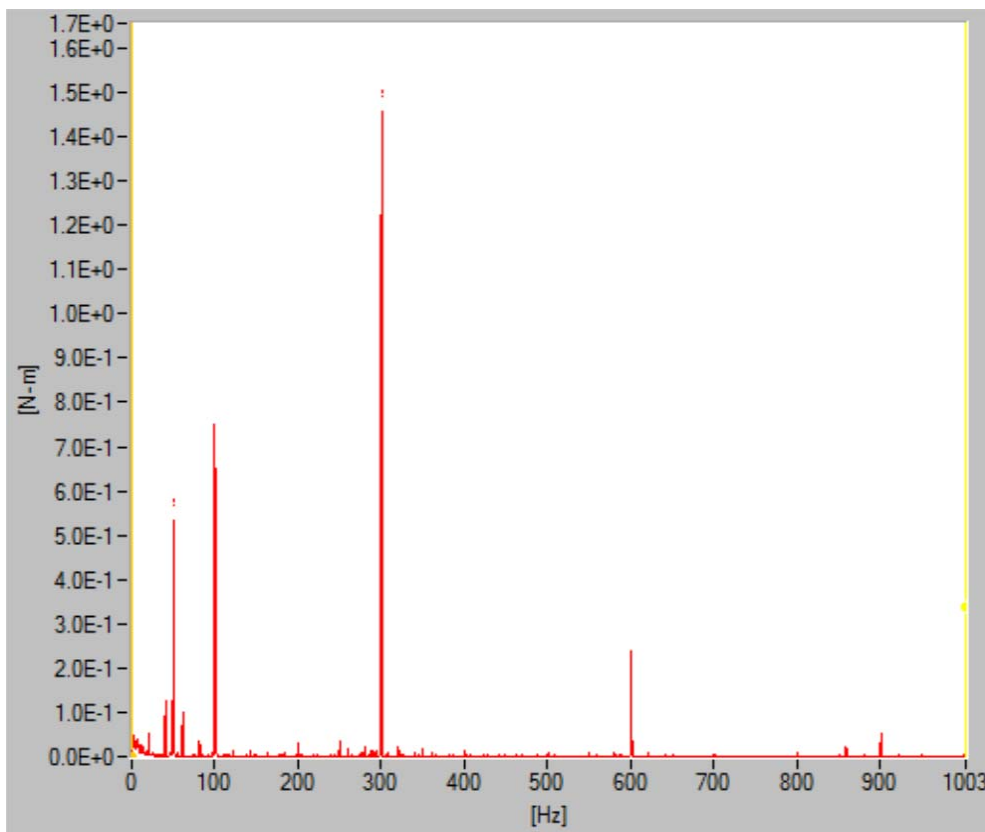


Рис. 10. Момент в частотном спектре

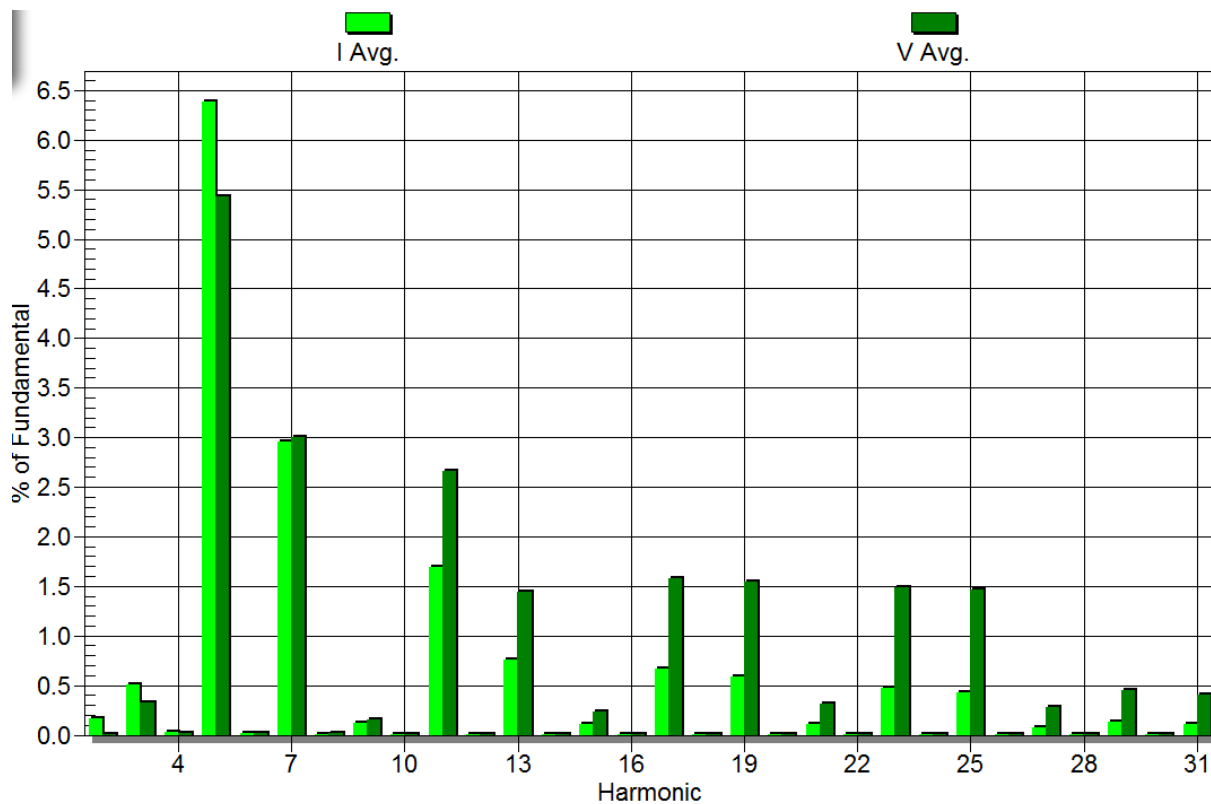


Рис. 11. Гармоники напряжения и тока до 31-го порядка





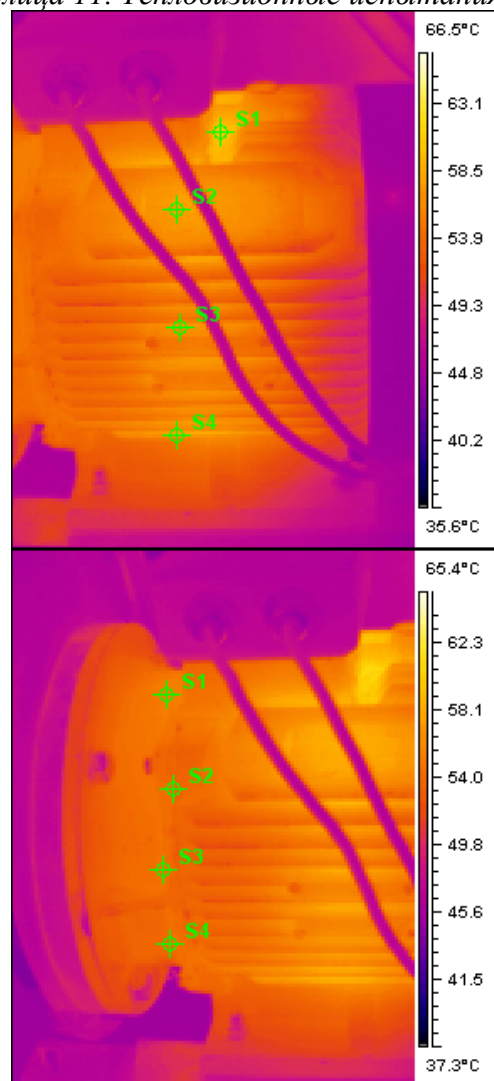
Таблица 10. Измерения детектором электрических разрядов

Точка измерения	Количество разрядов за 10 с	Количество разрядов за 10 с	Количество разрядов за 10 с
Передний подшипник	0	0	0
Корпус электродвигателя	0	0	0
Задний подшипник	0	0	0

Таблица 11. Тепловизионные испытания

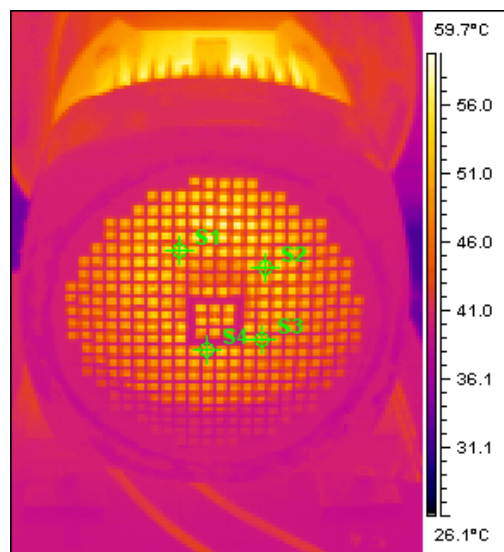
Корпус электродвигателя		
Точка измерения	Температура, °C	Точка
Корпус электродвигателя	67.0°C	S1
Корпус электродвигателя	62.9°C	S2
Корпус электродвигателя	62.6°C	S3
Корпус электродвигателя	62.8°C	S4

Передний подшипник		
Точка измерения	Температура, °C	Точка
Передний подшипник	59.9°C	S1
Передний подшипник	58.2°C	S2
Передний подшипник	59.0°C	S3
Передний подшипник	58.4°C	S4



Задний подшипник

Точка измерения	Температура, °C	Точка
Задний подшипник	63.3°C	S1
Задний подшипник	54.9°C	S2
Задний подшипник	58.5°C	S3
Задний подшипник	61.8°C	S4



Условия окружающей среды при проведении измерений:

- температура воздуха +20 °C;
- влажность 70 %;
- атмосферное давление 765 мм.рт.ст.

Нормативные документы, на соответствие требованиям которых проведены испытания: ПУЭ, РД 34.45-51.300-97, ПТЭЭП.

Результаты статических испытаний:

1. Коэффициент расхождения активного сопротивления обмоток $K_p = 0.83 < 2$ – в пределах нормы.
2. Сопротивление изоляции $R''_{60} = 4828 \text{ МОм} > 1.0 \text{ МОм}$ – хороший уровень изоляции.
3. Коэффициент абсорбции $K_{abc} = 1.07 < 1.2$ – **ниже нормы**.
4. Коэффициент нелинейности $K_n = 1.29 < 2$ – соответствует рекомендациям.
5. Коэффициент площади погрешности $K_{пп} = 1.9 \% - 2.0 \% < 10 \%$ – межвитковый пробой отсутствует.

Результаты динамических испытаний:

1. Уровень напряжения – **ниже нормы**.
2. Дисбаланс напряжения – в норме.
3. Гармонические искажения – **выше нормы**.
4. Общие искажения – в норме.
5. Уровень тока – **выше нормы**.
6. Дисбаланс тока – в норме.
7. Процент загрузки – в норме.
8. Сервис фактор – в норме.
9. Вибрация на валу – в норме.
10. Температурный режим работы ЭД – в норме.
11. Разряды на подшипниках – не обнаружены.





Заключение.

При проведении статических испытаний обнаружен **коэффициент абсорбции ниже нормы**, что может говорить о некоторой увлажненности изоляции, а также это может быть вызвано свойствами изолирующих материалов обмотки.

При проведении динамической диагностики обнаружены **низкий уровень питающего напряжения (табл. 9) и гармонические искажения выше нормируемых значений (табл. 9)**, что также видно на рисунке 11, вследствие этого уровень тока двигателя выше номинального в среднем на 15%. Одной из возможных причин полученный параметров может быть следствие дефекта силового трансформатора и вывода секций вторичных обмоток, а также применения частотных преобразователей без входных фильтров на данной секции питания.

Остаточный ресурс изоляции обмотки статора определяется при постоянном и периодическом проведении статических испытаний от 6-ти раз.

Рекомендации:

- Проверить напряжение питания на питающей секции вторичной обмотки силового трансформатора;
- Произвести обследование на предмет выявления источника гармонических искажений;
- Проведение электротехнических испытаний **не реже 1 раза в месяц.**

Генеральный директор
ООО «Практическая Механика»

Сальников В.В.

Работы выполнил:

Попов В.Н.

