

УТВЕРЖДАЮ:

Главный конструктор по паровым
турбинам ЛМЗ

А.С.Лисянский

«___» 2001 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Ген. директор
ООО «НИП ПРОСОФТ-Е»

НПФ

ПРОСОФТ-Е

А.С.Распутин

2001 г.

Согласовано:

Зам. главного инженера СГРЭС-2

Согласовано:

Главный инженер

АО «УралОРГРЭС»

В.Б.Ямпольский

«___» 2001 г.

А.С. Вольхин

«___» 2001 г.

АКТ ИСПЫТАНИЙ

тахометрического комплекса для высокоточного (трёхканального) замера
частоты вращения ротора турбины и выполнения функции
дополнительной противоразгонной защиты паровой турбины К-800-240

Екатеринбург 2001г.

1. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Целью испытаний тахометрического комплекса ЭПЗ – 800 для турбин К-800-240 (далее по тексту – ЭПЗ - 800), выполненного по договору №189 от 31.05.2000г. «Разработка и изготовление тахометрического комплекса для высокоточного (трёхканального) замера частоты вращения ротора турбины и выполнения функции дополнительной противоразгонной защиты» требованиям технического задания на разработку комплекса.

2. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

Испытаниям подвергается экспериментальный образец ЭПЗ - 800.

3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Испытания проводятся на стенде ООО «НПФ ПРОСОФТ-Е», испытательном стенде АО «УралЭнергоРемонт» и испытательном центре «НПО АВТОМАТИКИ». Все проверки и испытания проводятся в соответствии с утверждённой программой предварительных испытаний.

4. Метрологическое обеспечение

При проведении проверки необходимо использовать контрольно-измерительные приборы, прошедшие поверку и имеющие соответствующие отметки в эксплуатационной документации на них.

Перечень используемых контрольно-измерительных и имитационных приборов:

- Генератор звуковой частоты ГЗ – 122;
- Цифровой аварийный осциллограф регистрации электрических событий РЭС – 3 (класс точности – 0,4) с модулями на диапазоны измерений 1, 100 и 400В;
- Цифровой мультиметр - частотомер модели 34401 фирмы Hewlett Paccard (США), класс точности – 0,1;
- Цифровой мультиметр MASTECH MY68, класс точности – 1,5(в качестве индикатора наличия сигналов);
- Мегомметр 500В
- высоковольтная пробойная установка 0-2 кВ (УПУ-10).

Допускается использовать другие приборы с техническими характеристиками не хуже приведенных выше.

5. ПРОВЕРКИ И ИСПЫТАНИЯ

5.1. Проверка комплектности аппаратуры ЭПЗ - 800

Испытывался собранный первый комплект ЭПЗ - 800, установленный на стенде НПФ Прософт-Е. Комплектность ЭПЗ - 800 соответствует требованиям ТЗ. ЭПЗ - 800 состоит из шкафа управления и комплекта датчиков с измерительными преобразователями. Шкаф управления представляет собой программируемый контроллер блока управления и трёх КТБ (канальных тахометрических блоков), осуществляющие:

- измерения частоты вращения ротора турбины по трём независимым каналам, отображения на экране значения частоты вращения для каждого канала;
- выдачи двух релейных сигналов при превышении оборотов турбины двух заданных значений;

5.2. Проверка внешнего вида аппаратуры ЭПЗ - 800

При проверке внешнего вида оборудования ЭПЗ - 800 установлено, что шкаф в котором размещено оборудование соответствует требованиям ТЗ по защите от внешних воздействий IP 65. Лакокрасочные и гальванические покрытия обеспечивают защиту корпуса и не имеют повреждений в виде вздутий, вмятин, царапин, трещин и сколов.

5.3. Проверка внутреннего монтажа в шкафу управления

Монтаж в шкафу управления выполнен шлейфами СМА-20/10 и проводом МГШВ-0.35, все соединения имеют маркировку. Для прокладки в шкафу использованы пластиковые кабельные каналы фирмы Legrand.

5.4. Проверка точностных характеристик ЭПЗ – 800

5.4.1. Проверка точности измерения от внутреннего генератора комплекса.

Измерения проводим при трёх значениях частоты внутреннего генератора: 1000 Об/мин, 3000 Об/мин, 4000 Об/мин. За эталонную принимаем частоту, измеренную мультиметром HP 34401A.

1000 Об/мин – $1000,0 \pm 0,1$ Об/мин;

3000 Об/мин – $3000,0 \pm 0,3$ Об/мин;

4000 Об/мин – $4000,0 \pm 0,4$ Об/мин;

5.4.2. Проверка точности измерения от внешнего генератора.

Измерения проводим при трёх значениях частоты внешнего генератора:

1000 Об/мин, 3000 Об/мин, 4000 Об/мин. За эталонную принимаем частоту,

измеренную мультиметром HP 34401A.

1000 Об/мин – $1000,0 \pm 0,1$ Об/мин;

3000 Об/мин – $3000,0 \pm 0,3$ Об/мин;

4000 Об/мин – $4000,0 \pm 0,4$ Об/мин;

Согласно ТЗ – погрешность должна составлять ± 3 Об/мин.

Согласно ТУ – погрешность должна составлять $\pm 0,3$ Об/мин в диапазоне 2000 – 3000 Об/мин.

5.4.3 Проверка точности измерения от датчика комплекса, установленного на испытательном стенде.

5.4.3.1. Зазор между зубом измерительной шестерни и датчиком 0,15 мм.

5.4.3.1.1. Проверка точности измерения ТК ЭПЗ – 800 на стенде при рабочих оборотах.

При выведении стенда на рабочие обороты (~3037 Об/мин) фиксируем значение оборотов на передней панели ТК ЭПЗ – 800 и на мультиметре HP 34401A.

Разброс значения частоты вращения на индикаторе ТК ЭПЗ – 800 составляет порядка 18 Об/мин. Разброс значений частоты измеренных мультиметром составляет порядка HP 34401A 3 Об/мин.

Видим, что погрешность измерения ТК ЭПЗ – 800 составляет порядка 0,6%, погрешность измерения мультиметра HP 34401A при этом примерно равна 0,1%.

5.4.3.1.2. Проверка точности срабатывания ТК ЭПЗ – 800 по уставке «Опасно» («Опасно» - 3120 Об/мин, «Защита» - 3240 Об/мин).

Плавно увеличиваем обороты стенда до значения частоты 3120 Об/мин.

Фиксируем показания ТК ЭПЗ – 800 и мультиметра HP 34401A по загоранию лампы накаливания, подключённой к мажоритарному элементу «2» из «3» уставки «Опасно». Испытания проводим пять раз. Показания ТК ЭПЗ – 800 в среднем больше на 7 Об/мин, чем показания мультиметра.

5.4.3.1.3. Проверка точности срабатывания ТК ЭПЗ – 800 по уставке «Защита» («Опасно» - 3340 Об/мин, «Защита» - 3240 Об/мин).

Плавно увеличиваем обороты стенда до значения частоты 3240 Об/мин.

Фиксируем показания ТК ЭПЗ – 800 и мультиметра HP 34401A по загоранию лампы накаливания, подключённой к мажоритарному элементу «2» из «3» уставки «Защита». Испытания проводим пять раз. Показания ТК ЭПЗ – 800 больше примерно на 8 Об/мин, чем показания мультиметра.

5.4.3.1.4. Снятие формы сигнала, идущего с измерительного преобразователя первого датчика и транзитного выхода сигнала.

Сигнал с измерительного преобразователя поступает в токовом диапазоне 3 – 5 мА. Сигнал транзитного выхода, нагруженный на резистор 470 Ом лежит в диапазоне 0 - 5В.

5.4.3.2. Зазор между зубом измерительной шестерни и первым датчиком 1,0 мм.

- 5.4.3.2.1. Проводим действия в соответствии с п.4.4.3.1.1. Замечаем, что появляются аномальные забросы значения частоты на первом канале порядка 70 Об/мин.
- 5.4.3.2.2. Проводим действия в соответствии с п.4.4.3.1.3. Защита срабатывает в первом канале (уставка «Защита» - 3240 Об/мин), когда на мультиметре показания 3168 Об/мин.
- 5.4.3.2.3. Снятие формы сигнала, идущего с измерительного преобразователя первого датчика и транзитного выхода сигнала.
Токовый диапазон сигнала, уменьшается до 3,5 – 5 мА. Сигнал транзитного выхода, нагруженный на резистор 470 Ом лежит в диапазоне 0 - 5В.
- 5.4.3.2.4. Замечаем, что существует стационарное место расположения зуба шестерни относительно датчика, при котором с измерительного преобразователя идёт сигнал высокой частоты (~100000 кГц). Это приводит в некоторых случаях к срабатыванию защиты ТК ЭПЗ – 800, при торможении стенда.

5.5. Проверка динамических характеристик ЭПЗ – 800

- 5.5.1. Проверка задержки срабатывания мажоритарного элемента ЭПЗ – 800 при скачкообразном изменении частоты входного сигнала с 3000 Гц до 4000 Гц
Испытания проводились пять раз. В Приложении №1 приведены графики, полученные с помощью регистратора РЭС-3. Как видно из графиков рис.1 и рис.2, общее время срабатывания защиты в этих испытаниях примерно равно 17 мс, что меньше типового значения заданного в ТУ.
- 5.5.2. Проверка задержки срабатывания мажоритарного элемента ЭПЗ – 800 при изменении частоты входного сигнала с 3000 Гц до 4000 Гц с ускорением 100 Об/мин/с
Испытания проводились пять раз. В Приложении №1 приведены графики двух из них – рис.3 и рис.7. Как видно из графиков, общее время срабатывания защиты в этих испытаниях примерно равно 20 мс, что равно максимальному значению заданному в ТУ.
- 5.5.3. Проверка задержки срабатывания мажоритарного элемента ЭПЗ – 800 при изменении частоты входного сигнала с 3000 Гц до 4000 Гц с ускорением 500 Об/мин/с
Испытания проводились четыре раза. В Приложении №1 приведены графики двух из них – рис.8 и рис.11. Как видно из графиков, общее время срабатывания защиты в этих испытаниях примерно равно 20 мс, что равно максимальному значению заданному в ТУ.

5.6. Проверка релейной логики срабатывания ЭПЗ – 800

- 5.6.1. Проверка релейной логики срабатывания и гистерезиса по уставке «Опасно»
 - 5.6.1.1. При этой проверке значение уставки «Опасно» должно быть меньше значения уставки «Защита». Установлена уставка «Опасно» - 3120 Об/мин, уставка «Защита» - 3240 Об/мин.
 - 5.6.1.2. Последовательным подключением внутреннего генератора комплекса, со значением частоты равной частоте уставки «Опасно», к каждому КТБ

убеждаемся, что реле «Опасно» каждого КТБ срабатывает. Срабатывание реле контролируем по лампе накаливания, подключённой к мажоритарному выходу комплекса «1» из «6». Убеждаемся, что мажоритарный выход по уставке «Опасно» находится в выключенном состоянии (лампа накаливания, подключённая к этому выходу, не горит).

5.6.1.3. Последовательным подключением внутреннего генератора комплекса, со значением частоты равной частоте уставки «Опасно», попарно к двум КТБ, убеждаемся в правильности логики работы мажоритарного элемента «2» из «3» по уставке «Опасно» (лампа накаливания, подключённая к этому выходу, горит).

5.6.1.4. Плавным уменьшением частоты внутреннего генератора убеждаемся, что выключение мажоритарного элемента «2» из «3» по уставке «Опасно» происходит на меньшей частоте – 3108 Об/мин.

5.6.2. Проверка релейной логики срабатывания по уставке «Защита»

5.6.2.1. При этой проверке значение уставки «Защита» должно быть меньше значения уставки «Опасно».

5.6.2.2. Последовательным подключением внутреннего генератора комплекса, со значением частоты равной частоте уставки «Защита», к каждому КТБ убеждаемся, что реле «Защита» каждого КТБ срабатывает. Срабатывание реле контролируем по лампе накаливания, подключённой к мажоритарному выходу комплекса «1» из «6». Убеждаемся, что мажоритарный выход по уставке «Защита» находится в выключенном состоянии (лампа накаливания, подключённая к этому выходу, не горит).

5.6.2.3. Последовательным подключением внутреннего генератора комплекса, со значением частоты равной частоте уставки «Защита», попарно к двум КТБ, убеждаемся в правильности логики работы мажоритарного элемента «2» из «3» по уставке «Защита» (лампа накаливания, подключённая к этому выходу, горит).

5.7. Испытания по п.п. 4 – 7 предварительной программы испытаний проводились в испытательном центре «НПО Автоматики». Результаты испытаний по этим пунктам приведены в протоколе испытаний №384/68 от 19.09.2001г.

6. ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОВЕРОК И ИСПЫТАНИЙ

6.1.По

- п. 1 - «Проверка соответствия ЭПЗ – 800 требованиям конструкторской документации, комплекта поставки, маркировке и упаковке»,
 - п. 2.1 - «Проверка точности измерения от внутреннего генератора комплекса»,
 - п. 2.2 - «Проверка точности измерения от внешнего генератора комплекса»,
 - п. 3 - «Проверка динамических характеристик комплекса»,
 - п. 4 - «Проверка электрической безопасности комплекса»,
 - п. 5 – «Проверка электрической совместимости комплекса»,
 - п. 6 – «Проверка устойчивости комплекса к климатическим воздействиям»,
 - п. 7 – «Проверка устойчивости комплекса к механическим воздействиям»
- программы испытаний ЭПЗ – 800 соответствует ТУ и ТЗ.

6.2.По п. 2.3 «Проверка точности измерения от датчика комплекса, установленного на испытательном стенде», имеются следующие замечания:

- 6.2.1.** Точность измерения от датчиков комплекса, установленных на испытательном стенде, не соответствует заложенной в ТЗ. Погрешность измерения частоты вращения при номинальных оборотах и зазорах датчиков 0,15 мм составила ± 8 Об/мин.
- 6.2.2.** При увеличении зазора между датчиком и зубом шестерни более 1 мм наблюдается уменьшение точности измерения (погрешность до + 80 Об/мин при номинальной частоте вращения).
- 6.3.** Отсутствие сброса частоты внутреннего тестового генератора при переводе КТБ из режима «Тест» в режим «Норма».
- 6.4.** Отсутствие физической блокировки воздействия на выходные реле канала при его тестировании и ремонте.
- 6.5.** Отсутствие блокировки, запрещающей тестирование более одного канала одновременно при работающем блоке.
- 6.6.** Отсутствие общего сигнала о неисправности на выходе комплекса для сигнализации на БШУ.
- 6.7.** Необходимо обеспечить выполнение п. 6.2.13 ТЗ в части перевода комплекса на резервное питание =220В (или по согласованию с Заказчиком на ~220В от источника бесперебойного питания).

ВЫВОДЫ

1. По результатам испытаний в объеме проверок п.6.1 настоящего акта подтверждаем готовность шкафа управления ЭПЗ – 800 к монтажу на объекте Заказчика.
2. По замечаниям п.6.2-6.7 настоящего акта требуется доработка.

3. После доработки и проведения повторных испытаний по п.2.3 программы испытаний «Проверка точности измерения от датчика комплекса, установленного на испытательном стенде», и получения положительных результатов после испытаний ЭПЗ – 800 может быть поставлен в опытную эксплуатацию.

От заказчика: Сургутской ГРЭС-2

Л.В. Шайдя

От ОАО «Тюменьэнерго»

А.П. Уткин

От АООТ «ВТИ»

Н.З. Беликова

От АО «УралОРГРЭС»

Н.В. Ефимов

От АО «УралЭнергоРемонт»

В.В. Лебедев

От подрядчика: ООО «НПФ Прософт-Е»

Б.Б. Новосёлов

А.И. Елов

Р.В. Гильмияров

И.Э. Сюндюков

Список аналоговых сигналов:

1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)
 3. 4 -0.23, 2.23 (0.05В/мм)

2. 3 -0.12, 1.07 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-10.00-19.95мсек.)

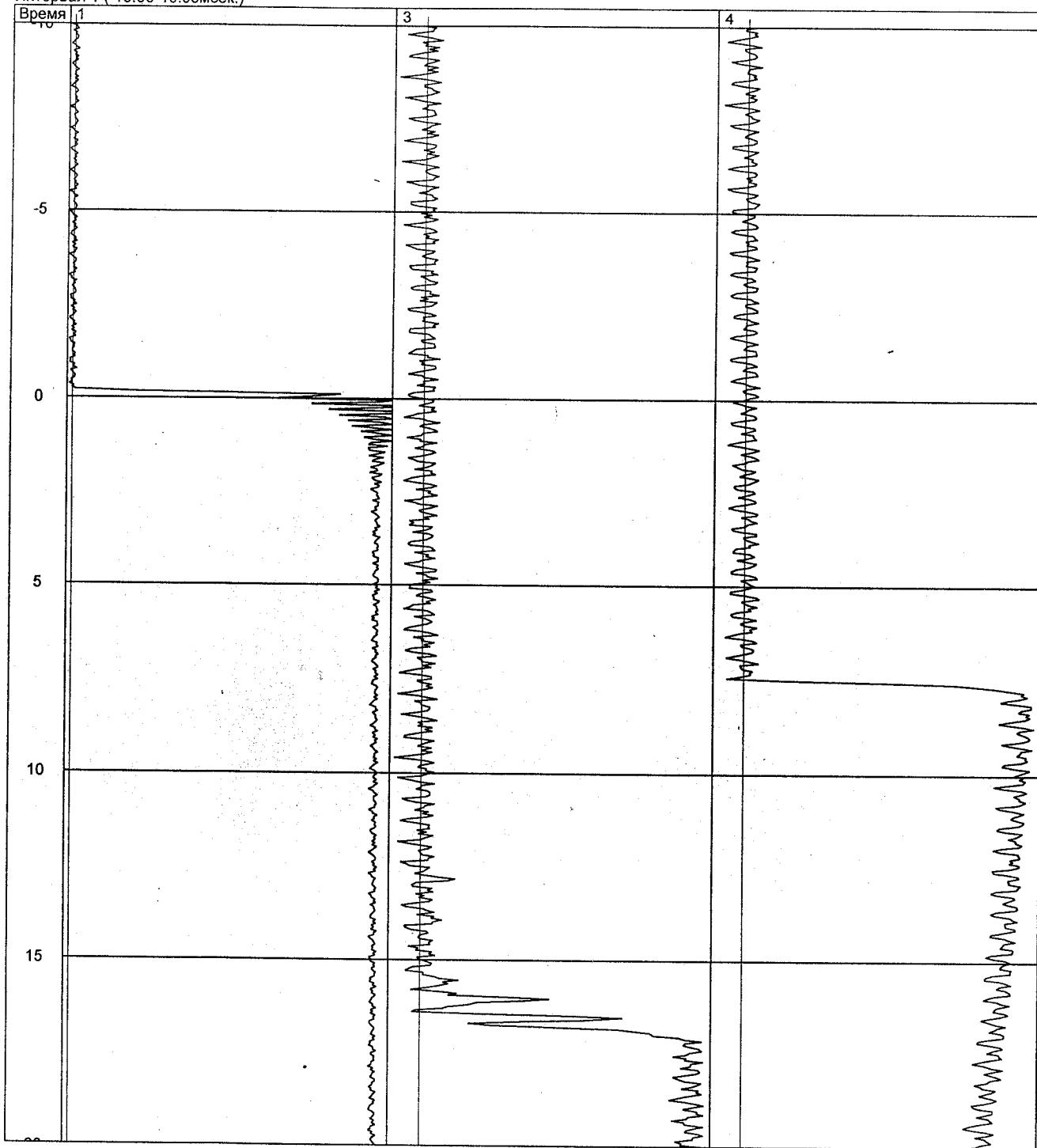


Рис.1

Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при скачкообразном изменении частоты с 3000 Гц до 4000 Гц

1 канал: момент изменения частоты

3 канал: замыкание контактов выходного реле

4 канал: момент подачи сигнала на обмотку выходного реле

Список аналоговых сигналов:

1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)

3. 4 -0.23, 2.23 (0.05В/мм)

2. 3 -0.12, 1.07 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-10.00-19.95мсек.)

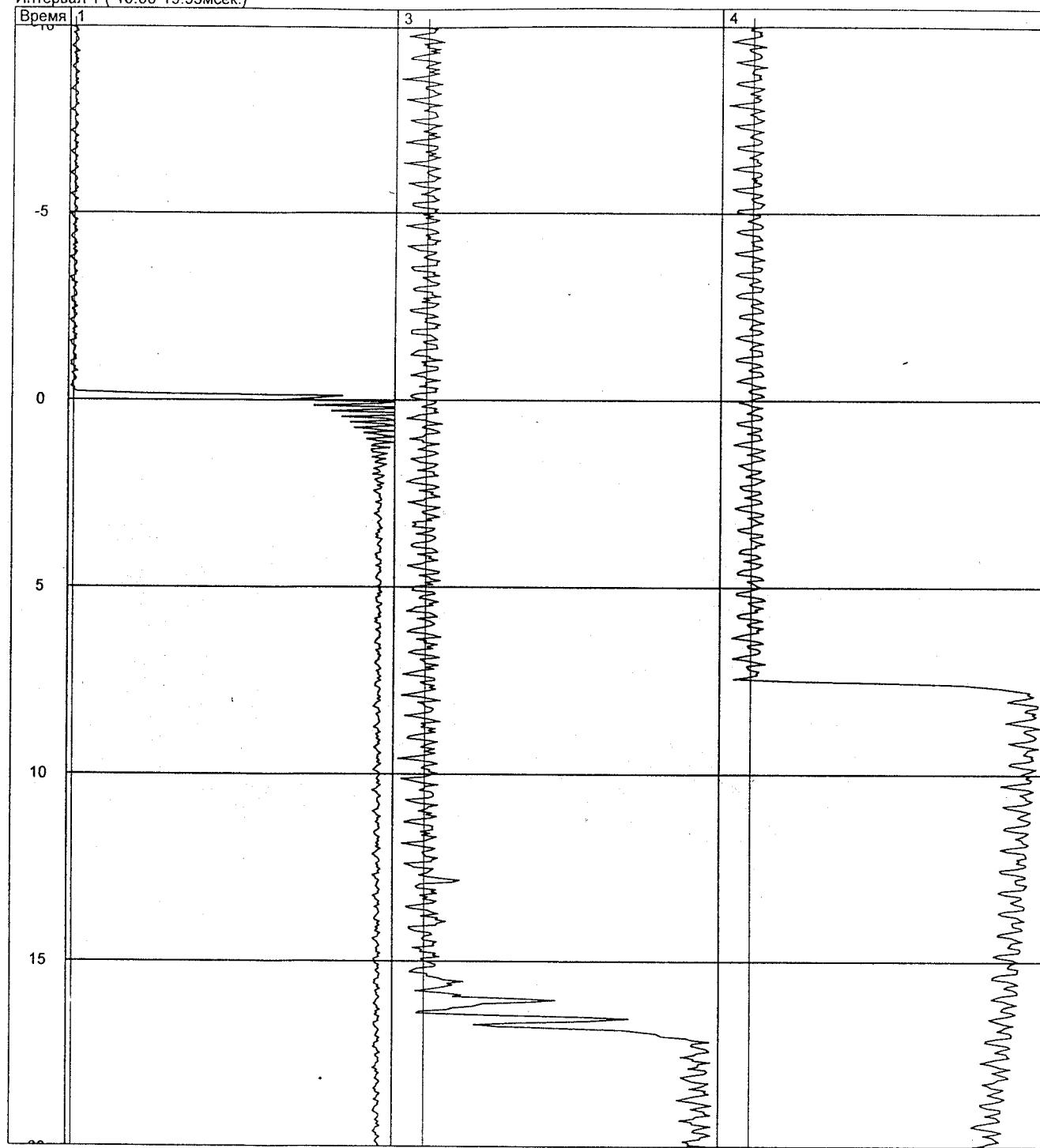


Рис.2

Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при скачкообразном изменении частоты с 3000 Гц до 4000 Гц (в миллисекундах)

1 канал: момент изменения частоты

3 канал: замыкание контактов выходного реле

4 канал: момент подачи сигнала на обмотку выходного реле

Список аналоговых сигналов:

1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)
 3. 4 -0.22, 2.07 (0.04В/мм)

2. 3 -0.11, 1.07 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-10.00-19.95мсек.)

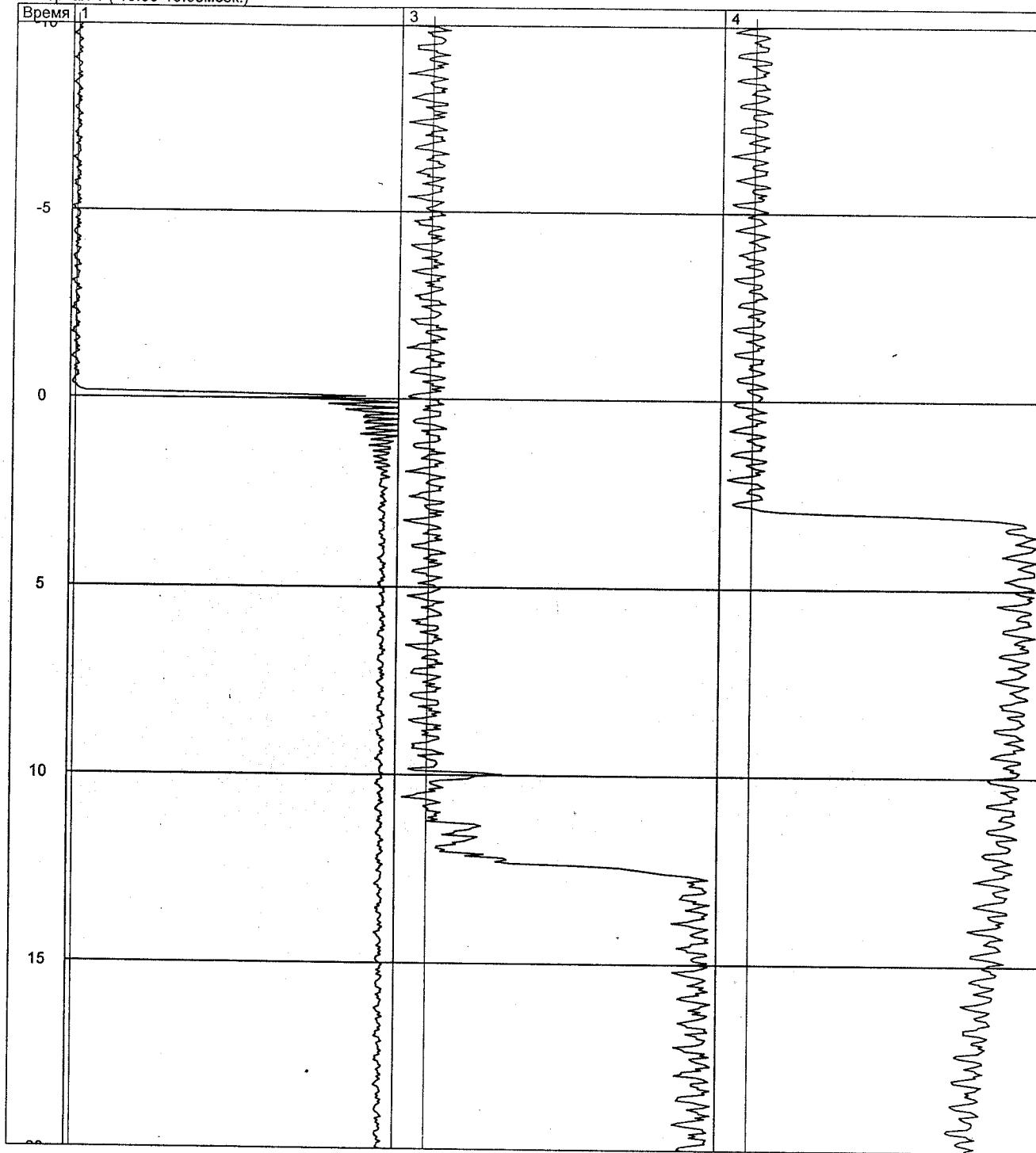


Рис.3

Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при изменении частоты с 3000 Гц до 4000 Гц с ускорением 100 об/мин/сек (в миллисекундах), показания срабатывания защиты – 3241

1 канал: момент достижения аварийной уставки по частоте (3240 Гц)

3 канал: замыкание контактов выходного реле

4 канал: момент подачи сигнала на обмотку выходного реле

Список аналоговых сигналов:

1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)
3. 4 -0.24, 2.06 (0.04В/мм)

2. 3 -0.12, 1.07 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-5.00-24.95мсек.)

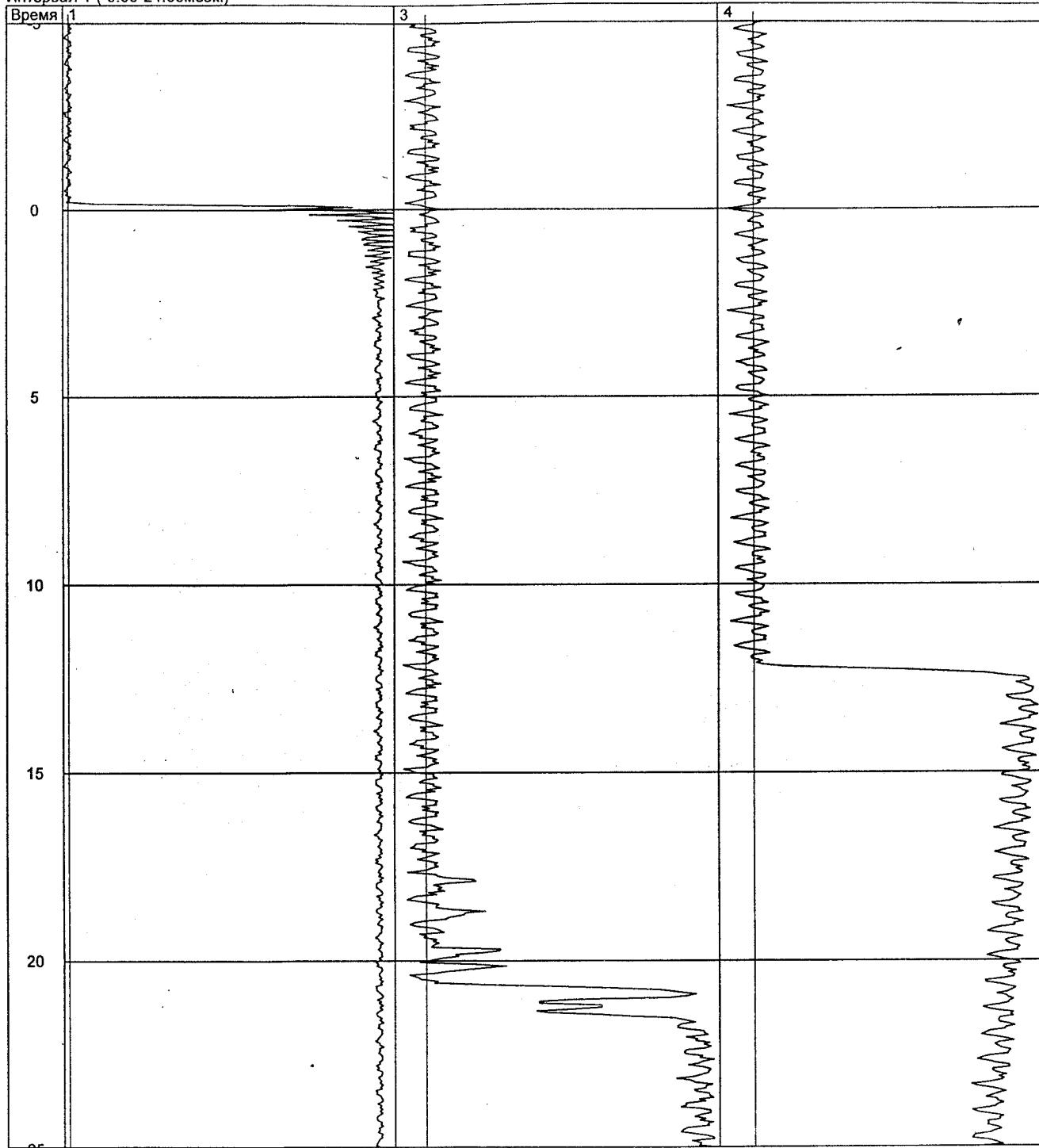


Рис.4

Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при изменении частоты с ускорением 100 об/мин/сек (в миллисекундах), показания срабатывания защиты – 3241

1 канал: момент достижения аварийной уставки по частоте (3240 Гц)

3 канал: замыкание контактов выходного реле

4 канал: момент подачи сигнала на обмотку выходного реле

Список аналоговых сигналов:

1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)
3. 4 -0.23, 2.06 (0.04В/мм)

2. 3 -0.12, 1.08 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-10.00-19.95мсек.)

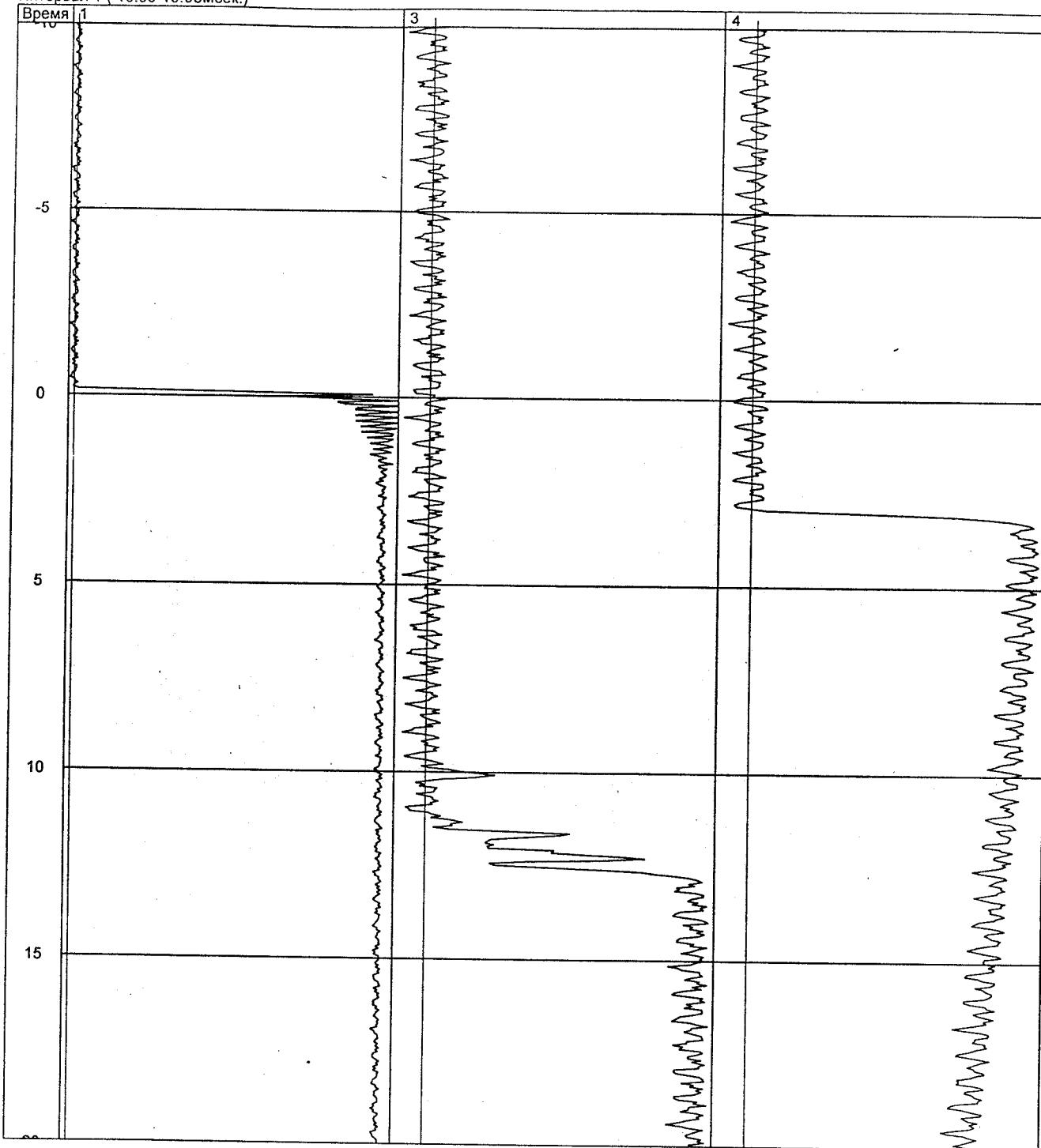


Рис.5

Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при изменении частоты с ускорением 100 об/мин/сек
(в миллисекундах), показания срабатывания защиты – 3241

1 канал: момент достижения аварийной уставки по частоте (3240 Гц)

3 канал: замыкание контактов выходного реле

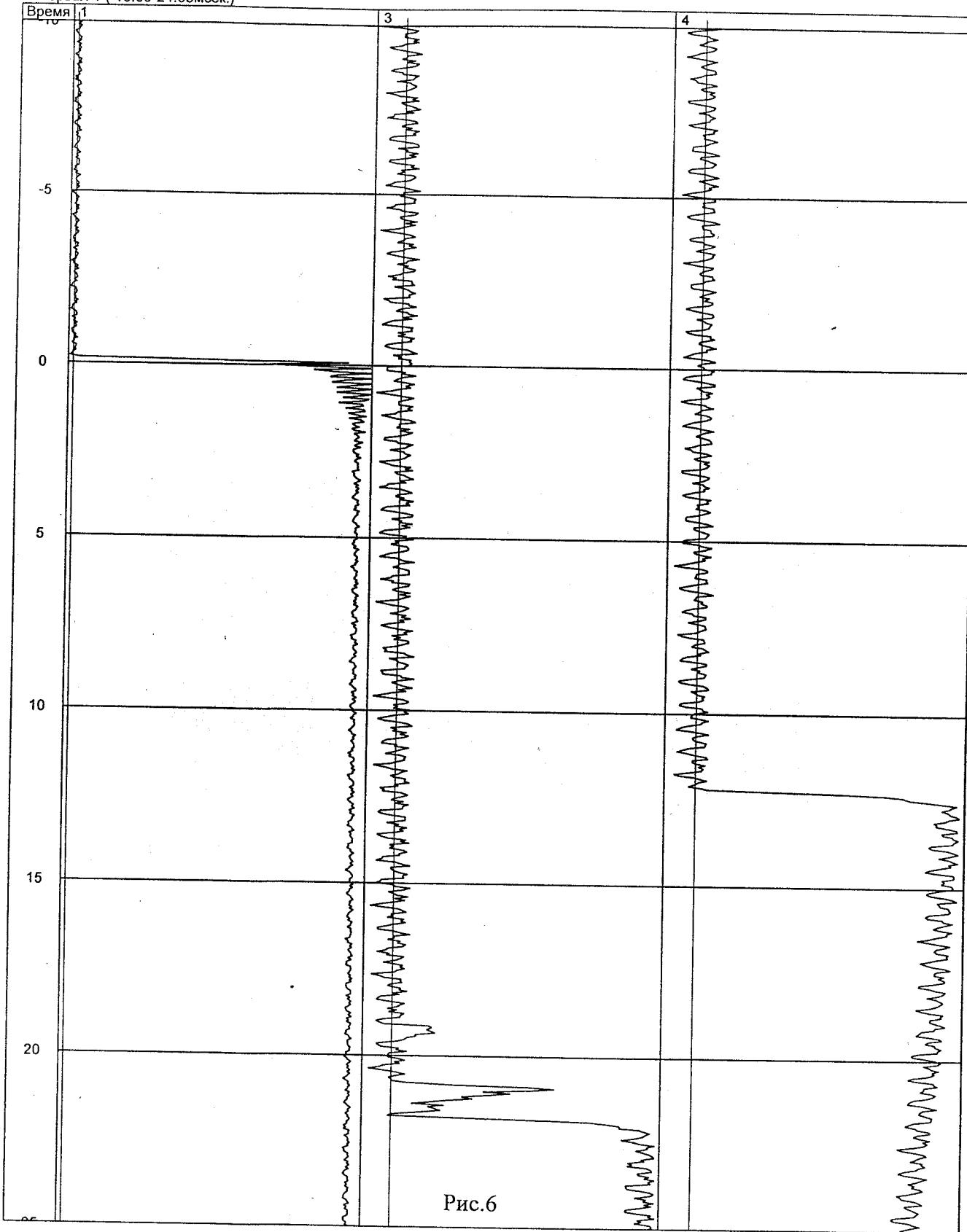
4 канал: момент подачи сигнала на обмотку выходного реле

Список аналоговых сигналов:

1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)
 3. 4 -0.24, 2.04 (0.04В/мм)

2. 3 -0.12, 1.06 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-10.00-24.95мсек.)



Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при изменении частоты с ускорением 100 об/мин/сек (в миллисекундах), показания срабатывания защиты – 3243

1 канал: момент достижения аварийной уставки по частоте (3240 Гц)

3 канал: замыкание контактов выходного реле

4 канал: момент подачи сигнала на обмотку выходного реле

Список аналоговых сигналов:

1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)

3. 4 -0.23, 2.06 (0.04В/мм)

2. 3 -0.11, 1.07 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-10.00-24.95мсек.)

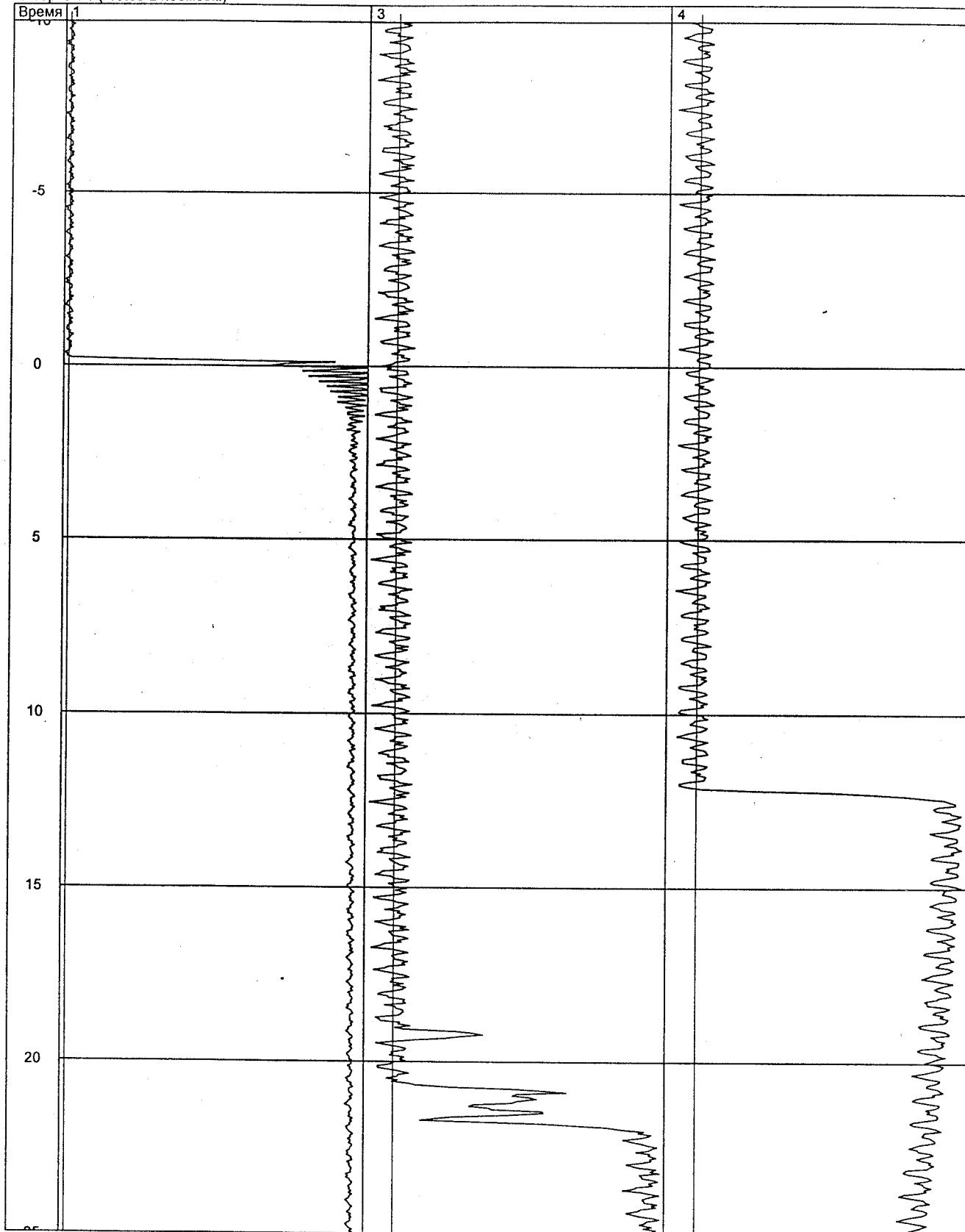


Рис.7

Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при изменении частоты с ускорением 100 об/мин/сек
(в миллисекундах), показания срабатывания защиты – 3243

Список аналоговых сигналов:

- 1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)
- 3. 4 -0.23, 2.02 (0.04В/мм)

- 2. 3 -0.12, 1.07 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-10.00-24.95мсек.)

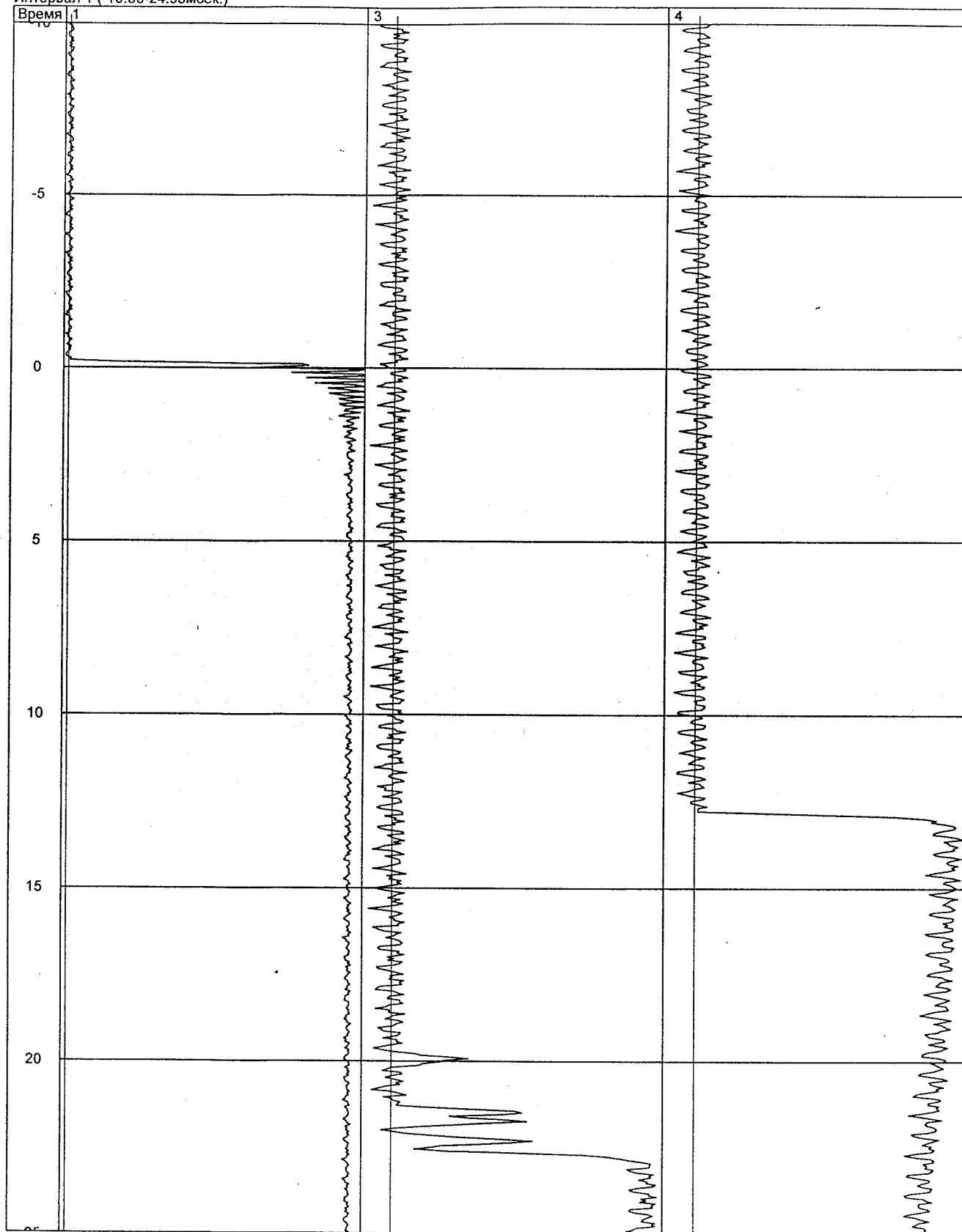


Рис.8

Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при изменении частоты с ускорением 500 об/мин/сек
(в миллисекундах)

Список аналоговых сигналов:

- 1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)
- 3. 4 -0.23, 2.02 (0.04В/мм)

- 2. 3 -0.12, 1.07 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-10.00-24.90мсек.)

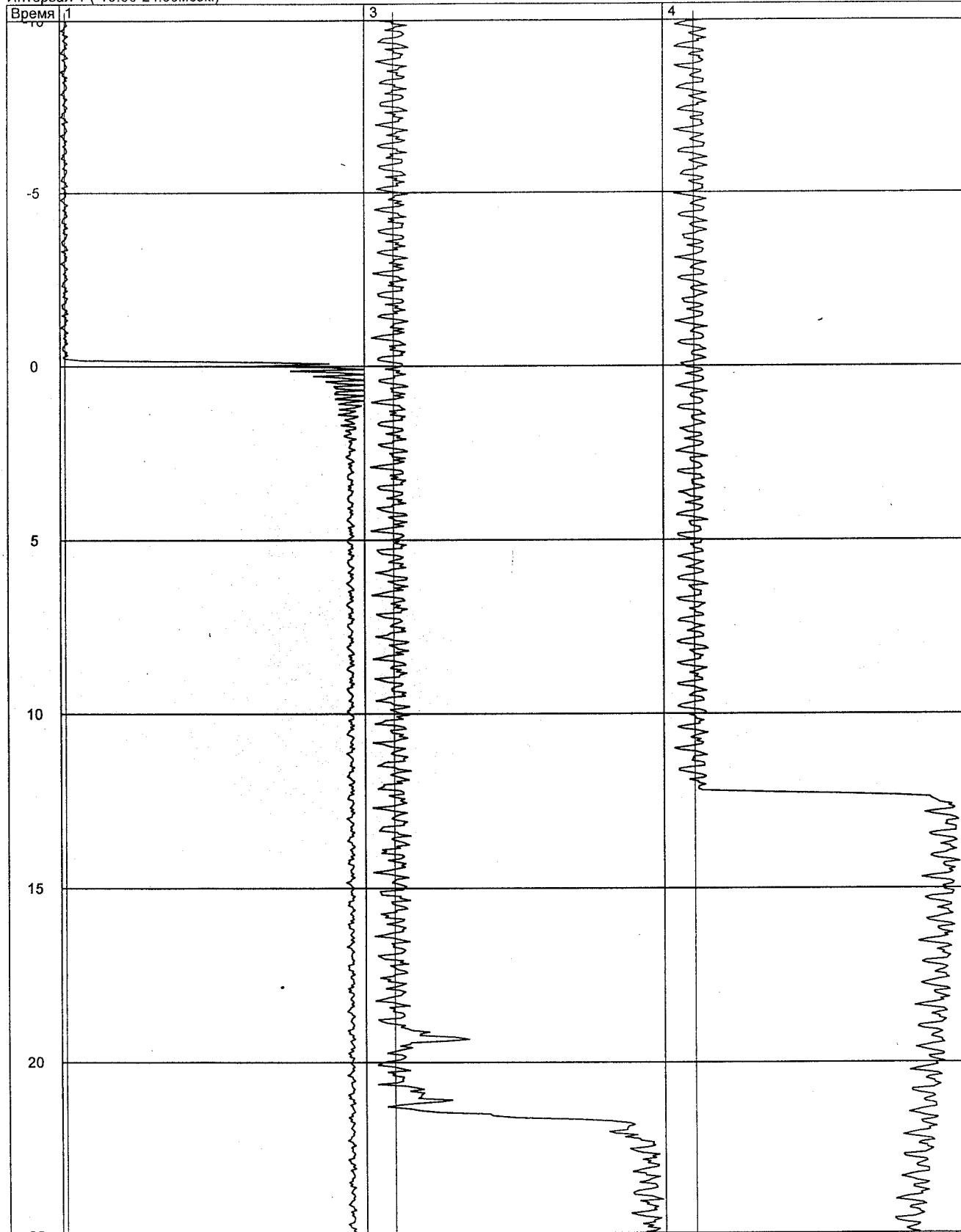


Рис.9 Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при изменении частоты с ускорением 500 об/мин/сек (в миллисекундах), показания срабатывания защиты - 3242

1 канал: момент достижения аварийной уставки по частоте (3240 Гц)

3 канал: замыкание контактов выходного реле

4 канал: момент подачи сигнала на обмотку выходного реле

Список аналоговых сигналов:

1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)
 3. 4 -0.18, 2.04 (0.04В/мм)

2. 3 -0.12, 1.07 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-10.00-24.90мсек.)

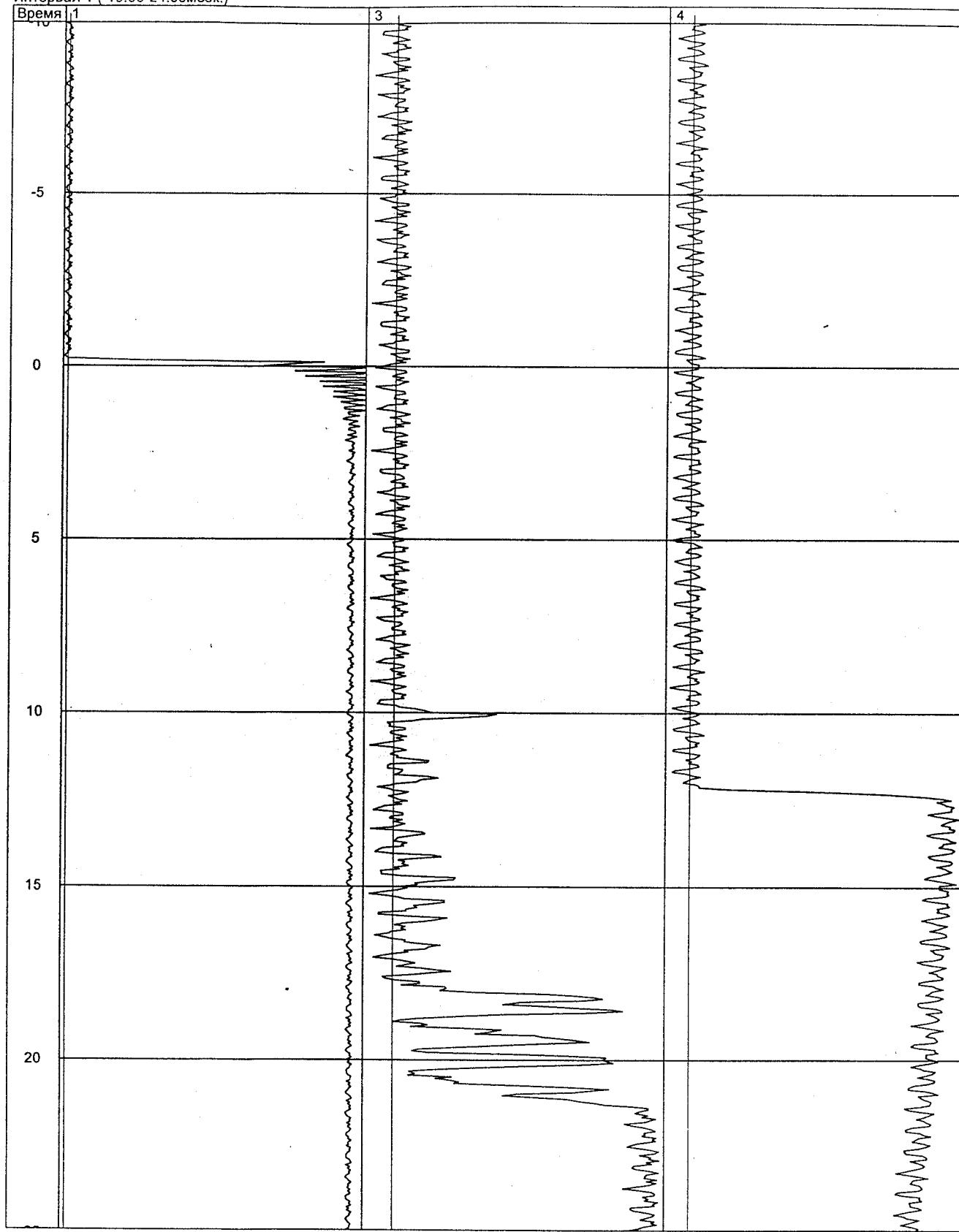


Рис.10 Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при изменении частоты с ускорением 500 об/мин/сек (в миллисекундах), показания срабатывания защиты - 3241

1 канал: момент достижения аварийной уставки по частоте (3240 Гц)

3 канал: замыкание контактов выходного реле

4 канал: момент подачи сигнала на обмотку выходного реле

Список аналоговых сигналов:

1. 1 -0.02, 1.11 (0.02В/мм)

3. 4 -0.18, 2.04 (0.04В/мм)

2. 3 -0.12, 1.07 (0.02В/мм)

Интервал 1 (-10.00-24.95мсек.)

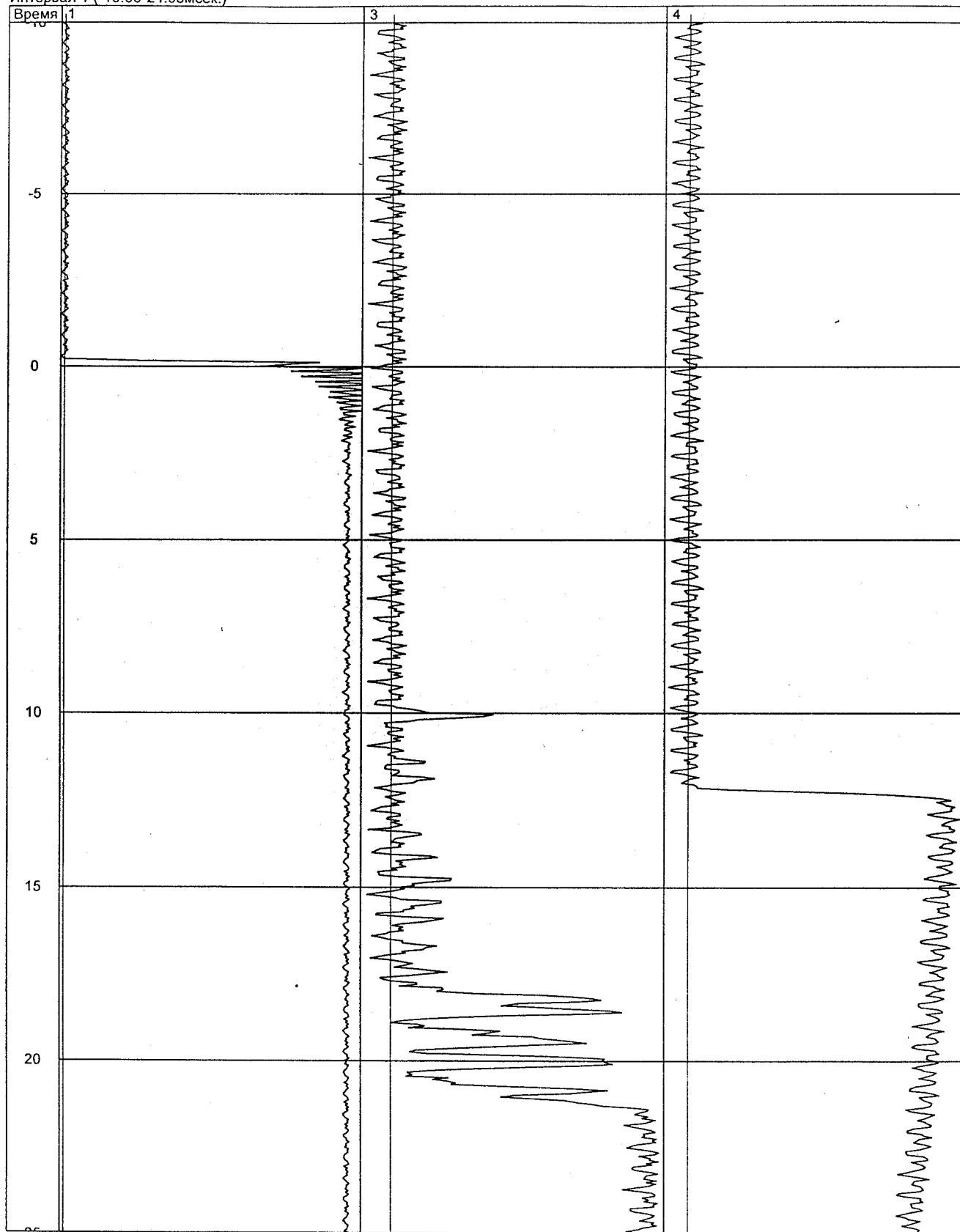


Рис.11 Задержка срабатывания ЭПЗ-800 при изменении частоты с ускорением 500 об/мин/сек (в миллисекундах)

1 канал: момент достижения аварийной уставки по частоте (3240 Гц)

3 канал: замыкание контактов выходного реле

4 канал: момент подачи сигнала на обмотку выходного реле