

Применение осциллографа для наблюдения рабочих характеристик системы управления

Общая информация

Цифровые мультиметры отлично подходят для проверки электрических цепей, находящихся в статическом состоянии, а также для фиксации медленных изменений отслеживаемых параметров. При проведении же динамических проверок, выполняемых на работающем двигателе, а также при выявлении причин спорадических сбоев совершенно незаменимым инструментом становится осциллограф.

Некоторые осциллографы позволяют сохранять осциллограммы во встроенном модуле памяти с последующим выводом результатов на печать или перекачкой их на носитель персонального компьютера уже в стационарных условиях.

Осциллограф позволяет наблюдать периодические сигналы и измерять напряжение, частоту, ширину (длительность) прямоугольных импульсов, а также уровни медленно меняющихся напряжений. Осциллограф может быть использован при выполнении следующих процедур:

- Выявления сбоев нестабильного характера;
- Проверки результатов произведенных исправлений;
- Мониторинга активности лямбда-зонда системы управления двигателя, оборудованного каталитическим преобразователем;
- Анализа вырабатываемых лямбда-зондом сигналов, отклонение параметров которых от нормы является безусловным свидетельством нарушения исправности функционирования системы управления в целом. С другой стороны, правильность формы выдаваемых датчиком импульсов может служить надежной гарантией отсутствия нарушений в системе управления.

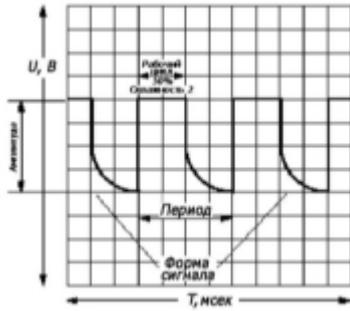
Надежность и простота эксплуатации современных осциллографов не требуют от оператора никаких особых специальных знаний и опыта. Интерпретация полученной информации может быть легко произведена путем элементарного визуального сравнения снятых в ходе проверки осциллограмм с приведенными ниже временными зависимостями, типичными для различных датчиков и исполнительных устройств автомобильных систем управления.

Параметры периодических сигналов

Общие сведения

Каждый, снимаемый при помощи осциллографа сигнал, может быть описан при помощи следующих основных параметров:

- **Амплитуда:** Разность максимального и минимального напряжений (В) сигнала в пределах периода;
- **Период:** Длительность цикла сигнала (мс);
- **Частота:** Количество циклов в секунду (Гц);
- **Ширина:** Длительность прямоугольного импульса (мс, мкс);
- **Скважность:** Отношение периода повторения к ширине (В зарубежной терминологии применяется обратный скважности параметр называемый рабочим циклом, выраженный в %);
- **Форма сигнала:** Последовательность прямоугольных импульсов, единичные выбросы, синусоида, пилообразные импульсы, и т.п.

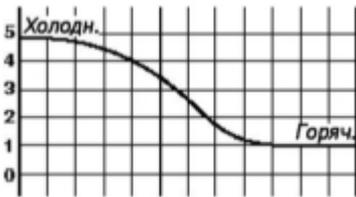


Характеристики произвольного сигнала.

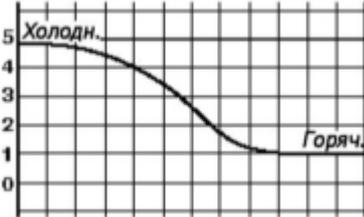
Обычно характеристики неисправного устройства сильно отличаются от эталонных, что позволяет опытному оператору легко и быстро выявить отказавший компонент путем анализа соответствующей осциллограммы.

Сигналы постоянного тока

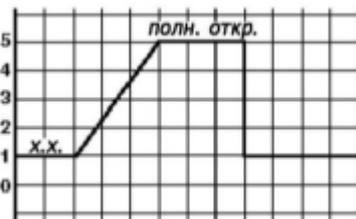
Единственной рабочей характеристикой таких сигналов является напряжение.



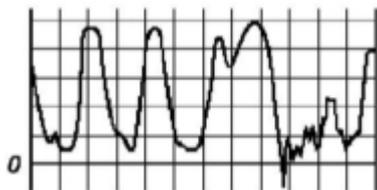
Датчик температуры охлаждающей жидкости двигателя (ЕСТ).



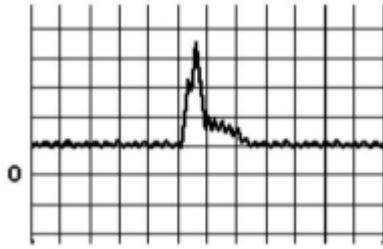
Датчик температуры всасываемого воздуха (IAT).



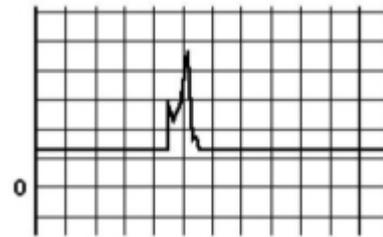
Датчик положения дроссельной заслонки (TPS).



Подогреваемый лямбда-зонд.



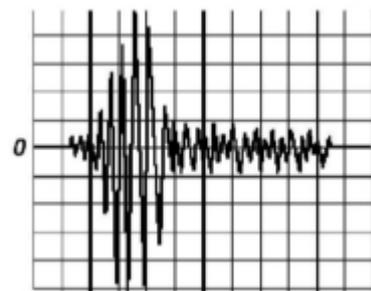
Измеритель объемного расхода потока воздуха (VAF).



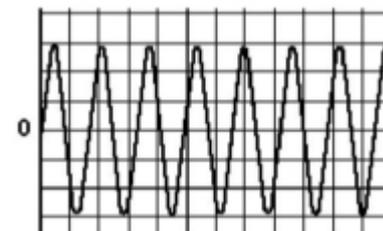
Датчик положения дроссельной заслонки (TPS).

Сигналы переменного тока

Основными характеристиками данных сигналов являются амплитуда, частота и форма сигнала.



Датчик детонации (KS).

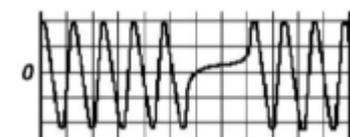


Индуктивный датчик оборотов двигателя.

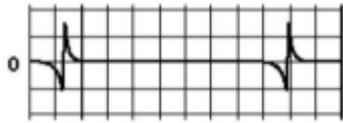
Частотно-модулированные сигналы (ЧМ)

Рабочими характеристиками частотно-модулированных сигналов являются амплитуда, частота, форма сигнала и ширина периодических импульсов.

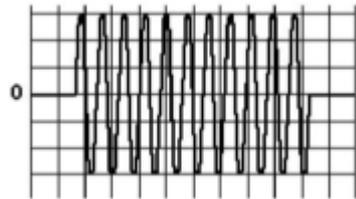
Источниками ЧМ сигналов являются устройства.



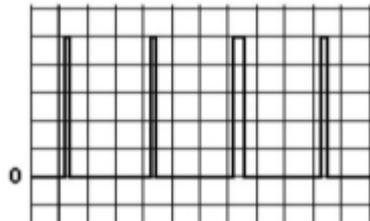
Индуктивный датчик положения коленчатого вала (СКР).



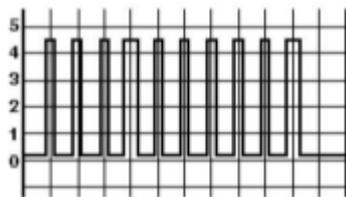
Индуктивный датчик положения распределительного вала (CMP).



Индуктивный датчик скорости движения автомобиля (VSS).



Работающие на эффекте Холла датчики оборотов и положения валов.



Оптические датчики оборотов и положения валов.

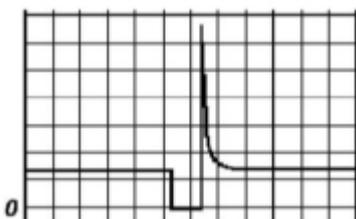


Цифровые датчики термометрического измерения массы воздуха (MAF) и абсолютного давления во впускном трубопроводе (MAP).

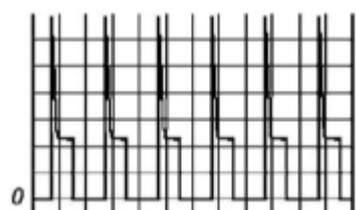
Сигналы, модулированные по ширине импульса (ШИМ)

Рабочими характеристиками сигналов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) являются амплитуда, частота, форма сигнала и скважность периодических импульсов.

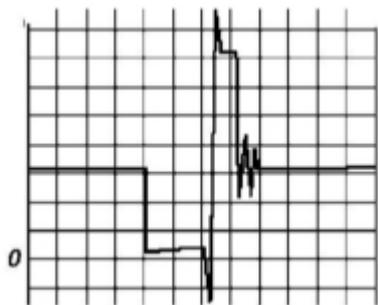
Источниками сигналов ШИМ являются представленные устройства.



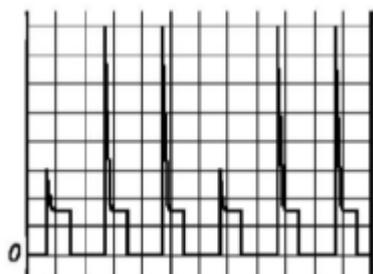
Инжекторы топлива.



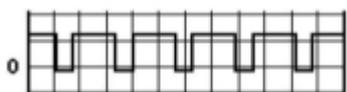
Устройства стабилизации оборотов холостого хода (IAC).



Первичная обмотка катушки зажигания.



Электромагнитный клапан продувки угольного адсорбера (EVAP).



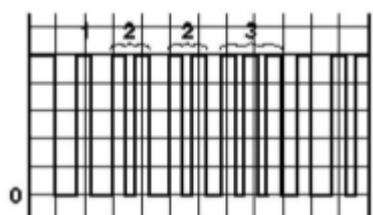
Клапаны системы рециркуляции отработавших газов (EGR).

Кодированная последовательность прямоугольных импульсов

Рабочими характеристиками являются амплитуда, частота и форма последовательности отдельных импульсов.

Подобного рода сигналы генерирует модуль памяти самодиагностики ECU системы управления двигателем.

Путем анализа ширины и формы импульсов, а также подсчета их количества в каждой из групп могут быть считаны хранящиеся в памяти коды неисправностей (код 1223).

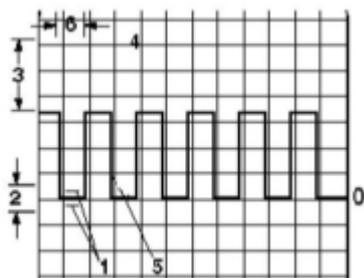


Сигнал кода неисправности модуля самодиагностики системы управления двигателем (код 1223).

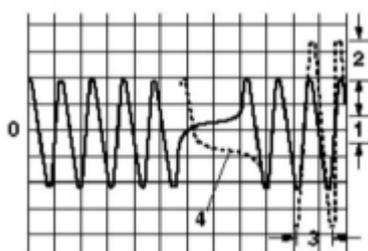
Амплитуда и форма сигнала остаются постоянными, записанное значение будет выдаваться до тех пор, пока память модуля не будет очищена.

Интерпретация осциллограмм

Форма выдаваемого осциллографом сигнала зависит от множества различных факторов и может в значительной мере видоизменяться. В виду сказанного, прежде чем приступать к замене подозреваемого компонента в случае несовпадения формы снятого диагностического сигнала с эталонной осциллограммой, следует тщательно проанализировать полученный результа.



Цифровой сигнал.



Аналоговый сигнал.

Напряжение

Нулевой уровень эталонного сигнала нельзя рассматривать в качестве абсолютного опорного значения, - «ноль» реального сигнала, в зависимости от конкретных параметров проверяемой цепи, может оказаться сдвинутым относительно эталонного ([1] - см. иллюстрацию Цифровой сигнал) в пределах определенного допустимого диапазона.

Полная амплитуда сигнала зависит от напряжения питания проверяемого контура и также может варьироваться в определенных пределах относительно эталонного значения ([3] - см. иллюстрацию Цифровой сигнал и [2] - см. иллюстрацию Аналоговый сигнал).

В цепях постоянного тока диапазон изменения сигнала ограничивается напряжением питания. В качестве примера можно привести цепь системы стабилизации оборотов холостого хода (IAC), сигнальное напряжение которой никак не изменяется с изменением оборотов двигателя.

В цепях переменного тока амплитуда сигнала уже однозначно зависит от частоты срабатывания источника сигнала, так, амплитуда сигнала, выдаваемого датчиком положения коленчатого вала (СКР) будет увеличиваться с повышением оборотов двигателя.

В виду сказанного, если амплитуда снимаемого при помощи осциллографа сигнала оказывается чрезмерно низкой или высокой (вплоть до обрезания верхних уровней), достаточно лишь переключить рабочий диапазон прибора, перейдя на соответствующую шкалу измерения.

При проверке оборудования цепей с электромагнитным управлением (например, система IAC) при отключении питания могут наблюдаться броски напряжения ([4] - см. иллюстрацию Цифровой сигнал), которые при анализе результатов измерения можно спокойно игнорировать.

Не следует беспокоиться также при появлении таких деформаций осциллограммы, как скашивание нижней части переднего фронта прямоугольных импульсов ([5] - см. иллюстрацию Цифровой сигнал), если, конечно, сам факт выполаживания фронта не является признаком нарушения исправности функционирования проверяемого компонента.

Частота

Частота повторения сигнальных импульсов зависит от рабочей частоты источника сигналов.

Форма снимаемого сигнала может быть отредактирована и приведена к удобному для анализа виду путем переключения на осциллографе масштаба временной развертки изображения.

При наблюдении сигналов в цепях переменного тока временная развертка осциллографа зависит от частоты источника сигнала ([3] - см. иллюстрацию Аналоговый сигнал), определяемой оборотами двигателя.

Как уже говорилось выше, для приведения сигнала к удобочитаемому виду достаточно переключить масштаб временной развертки осциллографа.

В некоторых случаях осциллограмма сигнала оказывается развернутой зеркально относительно эталонной зависимости, что объясняется реверсивностью полярности подключения соответствующего элемента и, при отсутствии запрета на изменение полярности подключения, может быть проигнорировано при анализе.

Типичные сигналы компонентов систем управления двигателем

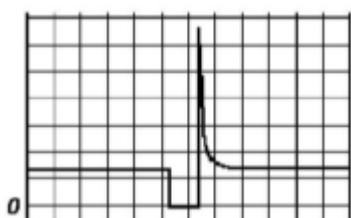
Современные осциллографы обычно оборудованы лишь двумя сигнальными проводами в комплекте с набором разнообразных щупов, позволяющих осуществить подключение прибора практически к любому устройству.

Красный провод подключен к положительному полюсу осциллографа и обычно подсоединяется к клемме электронного модуля управления (ЕСМ). Черный провод следует подсоединять к надежно заземленной точке (массе).

Инжекторы впрыска

Управление составом воздушно-топливной смеси в современных автомобильных электронных системах впрыска топлива осуществляется путем своевременной корректировки длительности открывания электромагнитных клапанов инжекторов.

Длительность пребывания инжекторов в открытом состоянии определяется продолжительностью вырабатываемых модулем управления электрических импульсов, подаваемых на вход электромагнитных клапанов. Продолжительность импульсов измеряется в миллисекундах и обычно не выходит за пределы диапазона 1 ÷ 14 мс.



Импульс управления открыванием инжектора впрыска топлива.

Часто на осциллограмме можно наблюдать также серию коротких пульсаций, следующих непосредственно за инициирующим отрицательным прямоугольным импульсом и поддерживающих электромагнитный клапан инжектора в открытом состоянии, а также резкий положительный бросок напряжения, сопровождающий момент закрывания клапана.

Исправность функционирования ЕСМ может быть легко проверена при помощи осциллографа путем визуального наблюдения изменений формы управляющего сигнала при варьировании рабочих параметров двигателя. Так, длительность импульсов при проворачивании двигателя на холостых оборотах должна быть несколько выше, чем при работе агрегата на низких оборотах.

Повышение оборотов двигателя должно сопровождаться соответственным увеличением времени пребывания инжекторов в открытом состоянии. Данная зависимость особенно хорошо проявляется при открывании дроссельной заслонки короткими нажатиями на педаль газа.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. При помощи тонкого щупа из прилагаемого к осциллографу набора подсоедините красный провод прибора к инжекторной клемме ЕСМ системы управления двигателем. Щуп второго сигнального провода (черного) осциллографа надежно заземлите.
2. Проанализируйте форму считываемого во время проворачивания двигателя сигнала.
3. Запустив двигатель, проверьте форму управляющего сигнала на холостых оборотах.
4. Резко нажав на педаль газа, поднимите частоту вращения двигателя до 3000 об/мин, - продолжительность управляющих импульсов в момент акселерации должна заметно увеличиться, с последующей стабилизацией на уровне равном, или чуть меньшем собственному оборотам холостого хода.

Быстрое закрывание дроссельной заслонки должно приводить к спрямлению осциллограммы, подтверждающему факт перекрытия инжекторов (для систем с отсеканием подачи топлива).

При холодном запуске двигатель нуждается в некотором обогащении воздушно-топливной смеси, что обеспечивается автоматическим увеличением продолжительности открывания инжекторов. По мере прогрева длительность управляющих импульсов на осциллограмме должна непрерывно сокращаться, постепенно приближаясь к типичному для холостых оборотов значению.

В системах впрыска, в которых не применяется инжектор холодного запуска, при холодном запуске двигателя используются дополнительные управляющие импульсы, проявляющиеся на осциллограмме в виде пульсаций переменной длины.

В приведенной ниже таблице представлена типичная зависимость длительности управляющих импульсов открывания инжекторов от рабочего состояния двигателя.

Состояние двигателя	Длительность управляющего импульса, мс
Холостые обороты	1 ÷ 6
2000 ÷ 3000 об/мин	1 ÷ 6
Полный газ	6 ÷ 35

Индуктивные датчики

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Запустите двигатель и сравните осциллограмму, снимаемую с выхода индуктивного датчика с эталонной.



Типичная осциллограмма сигнала, вырабатываемого индуктивным датчиком.

2. Увеличение оборотов двигателя должно сопровождаться увеличением амплитуды вырабатываемого датчиком импульсного сигнала.

Электромагнитный клапан стабилизации оборотов холостого хода (IAC)

В автомобилестроении используются электромагнитные клапаны IAC множества различных типов, выдающих сигналы также различной формы.

Общей отличительной чертой всех клапанов является тот факт, что скважность сигнала должна уменьшаться с возрастанием нагрузки на двигатель, связанной с включением дополнительных потребителей мощности, вызывающих понижение оборотов холостого хода.

Если скважность осциллограммы изменяется с увеличением нагрузки, однако при включении потребителей имеет место нарушение стабильности оборотов холостого хода, проверьте состояние цепи электромагнитного клапана, а также правильность выдаваемого ЕСМ командного сигнала.

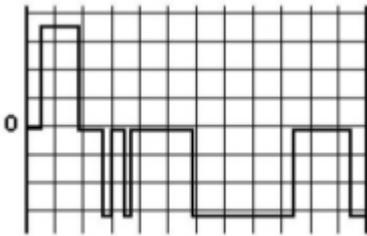
Обычно в цепях стабилизации оборотов холостого хода используется 4-полюсный шаговый электродвигатель, описание которого приведено ниже. Проверка 2-контактных и 3-контактных клапанов IAC производится в аналогичной манере, однако осциллограммы выдаваемых ими сигнальных напряжений совершенно непохожи.

Шаговый электромотор, реагируя на выдаваемый ЕСМ пульсирующий управляющий сигнал, производит ступенчатую корректировку оборотов холостого хода двигателя в соответствии с рабочей температурой охлаждающей жидкости и текущей нагрузкой на двигатель.

Уровни управляющих сигналов могут быть проверены при помощи осциллографа, измерительный щуп которого подключается поочередно к каждой из четырех клемм шагового мотора.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Прогрейте двигатель до нормальной рабочей температуры и оставьте его работающим на холостых оборотах.
2. Для увеличения нагрузки на двигатель включите головные фары, кондиционер воздуха, либо, - на моделях с гидроусилителем руля, - поверните рулевое колесо. Обороты холостого хода должны на короткое время упасть, однако тут же вновь стабилизироваться за счет срабатывания клапана IAC.
3. Сравните снятую осциллограмму с эталонной.



Осциллограмма управляющего сигнала системы стабилизации оборотов холостого хода (IAC).

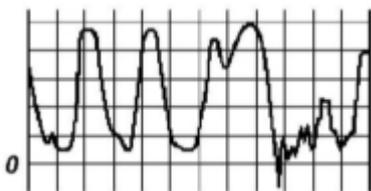
Лямбда-зонд (кислородный датчик)



В разделе приводятся осциллограммы, типичные для наиболее часто применяемых на автомобилях лямбда-зондов циркониевого типа, в которых не используется опорное напряжение 0.5В. В последнее время все большую популярность приобретают титановые датчики, рабочий диапазон сигнала которых составляет $0 \div 5$ В, причем высокий уровень напряжения выдается при сгорании обедненной смеси, низкий, - обогащенной.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Подсоедините осциллограф между клеммой лямбда-зонда на ЕСМ и массой.
2. Удостоверьтесь, что двигатель прогреет до нормальной рабочей температуры.
3. Сравните выведенную на экран измерителя осциллограмму с эталонной зависимостью.



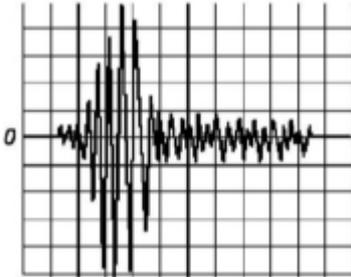
Осциллограмма сигнала, выдаваемого типичным лямбда-зондом.

4. Если снимаемый сигнал не является волнообразным, а представляет собой линейную зависимость, то, в зависимости от уровня напряжения, это свидетельствует о чрезмерном переобеднении ($0 \div 0.15$ В), либо переобогащении ($0.6 \div 1$ В) воздушно-топливной смеси.
5. Если на холостых оборотах двигателя имеет место нормальный волнообразный сигнал, попробуйте несколько раз резко выжать педаль газа, - колебания сигнала не должны выходить за пределы диапазона $0 \div 1$ В.
6. Увеличение оборотов двигателя должно сопровождаться повышением амплитуды сигнала, уменьшение - снижением.

Датчик детонации (KS)

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Подсоедините осциллограф между клеммой датчика детонации ЕСМ и массой.
2. Удостоверьтесь, что двигатель прогрет до нормальной рабочей температуры.
3. Резко выжмите педаль газа и сравните форму снимаемого сигнала переменного тока с эталонной осциллограммой.



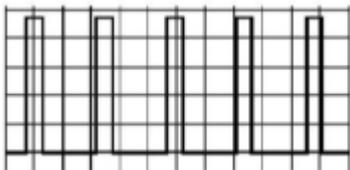
Осциллограмма сигнала, выдаваемого типичным датчиком детонации (KS).

4. При недостаточной четкости изображения легонько постучите по блоку цилиндров в районе размещения датчика детонации.
5. Если добиться однозначности формы сигнала не удастся, замените датчик KS, либо проверьте состояние электропроводки его цепи.

Сигнал зажигания на выходе усилителя зажигания

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Подсоедините осциллограф между клеммой усилителя зажигания ЕСМ и массой.
2. Прогрейте двигатель до нормальной рабочей температуры и оставьте его работающим на холостых оборотах.
3. На экран осциллографа должна выдаваться последовательность прямоугольных импульсов постоянного тока. Сравните форму принимаемого сигнала с эталонной осциллограммой, уделяя пристальное внимание совпадению таких параметров, как амплитуда, частота и форма импульсов.



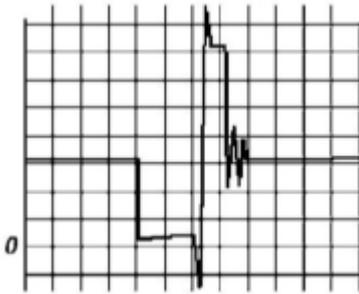
Осциллограмма управляющего сигнала усилителя зажигания.

4. При увеличении оборотов двигателя частота сигнала должна увеличиваться прямо пропорционально.

Первичная обмотка катушки зажигания

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Подсоедините осциллограф между клеммой катушки зажигания ЕСМ и массой.
2. Прогрейте двигатель до нормальной рабочей температуры и оставьте его работающим на холостых оборотах.
3. Сравните форму принимаемого сигнала с эталонной осциллограммой, - положительные броски напряжения должны иметь постоянную амплитуду.



Осциллограмма сигнала на клемме первичной обмотки катушки зажигания.

4. Неравномерность бросков может быть вызвана чрезмерным сопротивлением вторичной обмотки, а также неисправностью состояния ВВ провода катушки или свечного провода.