

Формальный ответом будет «нет». А почему вы узнаете чуть позже. Снижение запасов природных ресурсов с одной стороны и угроза всемирной экологической катастрофы с другой, заставляют думать конструкторов автомобилей о «цене вопроса» всеобщей автомобилизации и прикладывать огромные усилия для уменьшения вреда, наносимого этими средствами передвижения.

Как известно одним из стратегических направлений повышения экономичности и снижения токсичности автомобилей, улучшения эксплуатационных характеристик современных бензиновых двигателей является применение системы подачи топлива непосредственно в цилиндры, минуя впускной коллектор. Такая система иногда ошибочно именуется «прямым впрыском». По данным 2003 года, количество автомобилей в Японии превышало 74 миллиона. С одной стороны это значительно меньше, чем в США, где насчитывалось более 225 миллиона (примерно каждый третий автомобиль мира), но с другой стороны, Япония по этому показателю занимает второе место в мире. Поэтому неудивительно, что пионерами реального внедрения такой топливной системы были автопроизводители именно этой страны, Mitsubishi, в частности.

В Японии первые нормы ограничения токсичности бензиновых машин были приняты в 1966. В 70-х были декларированы требования значительного уменьшения (более чем на 90%) выбросов угарного газа (СО), окиси азота (NOx) и углеводороде (НС) в эмиссиях бензиновых машин. В 1978 эти требования были выполнены. В 2000 году была поставлена задача дальнейшего уменьшения (на 70%) допустимого содержания СО, NOx, и HC.

В Японии автомобильный транспорт «поставляет» около 20% общих загрязнение атмосферы углекислым газом (CO2). Согласно Kyoto Protocol, принятому в 1997 United Nations Framework Convention on Climate Change, на период 2008-2012 Япония обязалась снижать эмиссию газов повышающих «тепличный эффект» в среднем на 6% от индексного уровня 1990. В 1998 был одобрен Мастер-план предотвращения глобального потепления. Немалое внимание уделено таким направлениям как повышение экономичности и дальнейшее распространение машин малой токсичности. Например, поставлена задача увеличения к 2010 году экономичности автомобилей на 13.2% относительно уровня 1995 года. Надо заметить, что эти задачи решаются вполне успешно. Например, средний автомобиль их внутреннего рынка проезжает примерно 14.3 км на одном литре

Но такого рода улучшения/достижения имеют и обратную сторону, которая заключается в значительном усложнении систем и повышения требований к качеству применяемого топлива, масел и к уровню технического обслуживания и ремонта. В данной статье рассматривается на первый взгляд, банальный пример диагностики, но с помощью, которого можно продемонстрировать и сложность, и стоимость устранения неисправности автомобиля.

Главная особенность таких инжекторных систем заключается в том, что бензин подается непосредственно в цилиндры через специальные форсунки, и под давлением в десятки раз большим, чем в обычных инжекторных системах. Как следствие, значительно повышается степень распыления топлива и улучшается процесс сгорания смеси. Давление в топливной системе создается насосом высокого давления (ТНВД, High Pressure Fuel Pump) с механическим приводом от распредвала, как вращательным (т.н. «баянетное» соединение) так и возвратно-поступательным (с помощью эксцентрического «кулачка»). Значительная часть навесного оборудования такой инжекторной системы осталась без изменений. Например, датчики количества воздуха поступающего в цилиндры (МАР/МАF-Sensors), кислородные датчики (О2), датчики положения дроссельной заслонки (TPS) и так далее. Необычно расположение блока управления форсунками (Injectors Driver) - непосредственно

ĺ

под капотом (фото). Также используется система переменного газораспределения (VVT-i Variable Valve

Timing-intelligent), которая позволяет увеличить крутящий момент/мощность двигателя и система изменения геометрии впускного коллектора. Другой особенностью таких систем является, то что, учитывая особенности форсунок, для непосредственного управления ими используется отдельный электронный блок (Injector Driver, фото), обычно располагаемый непосредственно под капотом.

Поскольку работа двигателя на обедненных смесях «стимулирует» повышение уровня выбросов окислов азота (NOx), то для снижения токсичности (вредных выбросов) применяется обычная система рециркуляции выхлопных газов (EGR- Exhaust Gas Recirculation), с помощью которой часть выхлопных газов подается в цилиндры, что смещает равновесие реакции образования NOx в сторону уменьшения их количества. Особенностью таких систем является ощутимо больший уровень



рециркуляции по сравнению с обычными двигателями. Технология непосредственной подачи топлива позволяет достичь высокой плотности топливно-воздушной смеси, что делает возможным использовать значительное увеличение количества EGR без риска снижения устойчивости сгорания. В результате этого количество NOx в выхлопных газах уменьшается на 70-95 %. Обычно используется система «Cut-Off Control EGR».

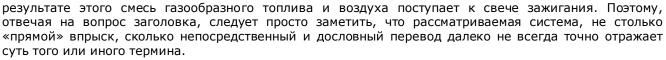
Достаточно примечательна геометрия верхней поверхности поршней, с помощью которой формируется ламинарный поток топливно-воздушной смеси в полости поршня. Таким образом в цилиндре реализуется зона сгорания топлива несколько напоминающая форкамеру и, в которой происходит "взрыв" топливной смеси.

В зависимости от режима, в котором работает двигатель, изменяется геометрия потока распыленного бензина. Если в обычных двигателях создается "вихрь" воздушного потока ("swirl" airflow) вдоль наружной стороны цилиндра, то в рассматриваемых системах реализуется поток в форме

«падения» (Tumble-shaped airflow).

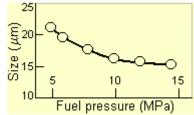
При послойном горении в режиме «сверх бедной смеси» (Ultra-Lean Mode) топливо

впрыскивается под большим давлением во время последнего этапа такта сжатия в искривленную поршневую полость, а не к свече зажигания. Это способствует изменению направления перемещения потока, лучшее смешивание с воздухом, испарение и охлаждение. В



В обычных двигателях топливо и воздух смешиваются за пределами цилиндра. Это приводит к потерям между местом смешивания и цилиндром, а также к недостаточной синхронизации момента впрыска, так как время между началом формирования смеси и ее поступлением в цилиндры зависит от скорости прохождения воздуха. Но в двигателе с непосредственным впрыском бензин подается

непосредственно в цилиндр с точной синхронизацией и без этих недостатков. Используя разные режимы (Ultra-Lean Combustion Mode, Superior Output Mode другие), двигатели непосредственного впрыска сочетает высокую экономичность с большой мощностью и вращающим моментом. И в обоих режимах топливо поступает под большим давлением (десятки МПа) И В намного более измельченном Благодаря значительному увеличению (мелкодисперсном) виде. давления и специальной форме сопел форсунок, размеры частиц бензина составляют примерно 10-20 микрон.



Достаточно симптоматично, что в список 10 Best Engines 2006 года включены как минимум два типа двигателей с такими системами (2.0L  $\underline{FSI}$  turbocharged DOHC I-4 Audi A3 и 3.5L DOHC V-6 Lexus IS  $350^{1}$ ). Примечательно, что двигатель 2GR-FSE D-4S (Direct injection 4-stroke gasoline engine Superior version) использует комбинированную («смешанную») систему подачи топлива. Как следствие бензин

2

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> EPA fuel economy rating of 21 mpg (11 L/100 km) in the city and 28 mpg (8 L/100 km) on the highway при мощности двигателя 306 л.с. и времени разгона до 60 миль/час примерно за 5,6 секунды. Мощность обычного 4.0-литровго 1UZ-FE V8 Lexus LS/GS400 и Тойота Majesta составляет всего лишь 206 кВт (280 л.с.)

в цилиндры поступает как через обычные форсунки, установленные во впускном коллекторе, так и с посредством форсунок, подающих топливо непосредственно в цилиндры.

В таблице приведены сравнительные данные параметров двигателей Тойота 3S-FSE (первое поколение системы D-4) и обычного 3S-FE.

TIONOMETINE CHETCHER D' 17 N' COBH HIGTO 35 TEL					
Наименование/тип двигателя	3S-FSE (D-4), DOHC 16 V, VVT-i, (E-SCV) LASRE a-II 3S-FE (EFI), DOHC 16 V				
Объем, см. куб	1.998				
Степень сжатия	10,0 9,5				
Мощность, квт/л.с./обороты	107 / 145 / 6.000 99 / 135 / 6.000				
Крутящий момент, Нм/обороты	196 / 4.400 181 / 4.400				
Дополнительные данные **					
Содержание $CO_2$ , гр/км	166	207			
Экономичность, км/1 л	15,4 (Vista GF-SV50) 12,2 (Vista GF-SV55)				
Содержание вредных выбросов					
NOx, r/κм	0,25				
НС, г/км	0,25				
СО, г/км	2,10				
Давление в топл. системе, МПа	до 12,0	0,33			

Например, в городском режиме экономичность Тойота с двигателем 2JZ-FSE объемом 3,0 л согласно тесту "10-15" составляет 11.4 км/л.

Тоуоta Ора с двигателем второго поколения систем непосредственного впрыска 1AZ-FSE объемом 2,0 литра и мощностью 113 кВт (152 л.с. при 6000 об/мин) проезжает на одном литре бензина примерно 17.8 км.

Но как всегда за все приходится платить. Системы непосредственного впрыска несколько сложнее в эксплуатации и ремонте.

- 1. Необходимость подачи топлива непосредственно в цилиндры потребовала применения специального насоса высокого давления, который позволяет создать давление в системе, которое может «пересилить» давление в цилиндрах в точке почти максимальной компрессии.
- 2. Необходимость эффективного распыления бензина вызвало необходимость использования специальных форсунок со значительно меньшими размерами сопел и, которые работают при значительно большем давлении.
- 3. Форсунки таких систем управляются напряжением примерно 100 вольт, что сказалось на сложности аппаратной реализации процесса управления и необходимости применения отдельных блоков (фото драйвера ММС).
- 4. Использование повышенного уровня рециркуляции выхлопных газов провоцирует увеличение отложений во впускном коллекторе и, как следствие, необходимость его регулярной очистки.

Первые две особенности являются причинами повышенной чувствительности этих систем к качеству жидкости, которая внешне напоминает бензин, и которая обычно заливается в бензобаки наших машин. Причем это касается не только ненормируемого содержания антидетонационных присадок, но и к нормируемому, но не проверяемому, содержанию в топливе серы.

Кроме этого, практика показывает значительную неготовность технического персонала части СТО как к пониманию принципов работы этих систем, так и к достоверной диагностике причин возникших неисправностей.

Так уж сложилось в нашей стране, что подготовке специалистов, созданию условий для повышения квалификации исполнителей, изменению мотивации техников к достижению должного уровня знаний в обычной практике большинства СТО уделяется ничтожно малое внимание.
- Это что, я за свои кровные буду обучать этих лентяев? Работать надо, а не сервисные мануалы читать! – думают одни.

- Это я отмантулил (отработал) смену, а теперь еще и в Интернете должен сидеть - разбираться, как там балансирные валы на тойотовском моторе устроены? Нет уж, я пивка схожу попью! - вторят им другие

Но хочется надеяться на то, что эти атавизмы отношения к своей профессии рано или поздно отомрут (?). И чтобы хоть немного ускорить этот процесс (приблизить это) предлагаю небольшое описание диагностики и ремонта частного случая (одной фатальной) неисправности насоса высокого давления Ниссан.

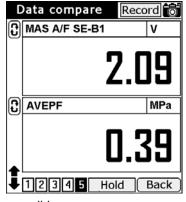
В сети Интернета достаточно полно представлены ресурсы с описаниями реализации и диагностики рассматриваемой особенностей рассматриваемой системы автомобилях ММС и Тойота. В этой скромной заметке рассмотрены особенности ее проведения на автомобилях Ниссан.

Итак, два сабжа Nissan: Cefiro 2.5Excima 2000 г.в. (пробег 116 тыс. км) и Cefiro 2.5Touring 1999 г.в. (98 тыс. км), которые объединяют то, что на обеих машинах используется (установлен) двигатель с системой непосредственного впрыска (Direct Injection) VQ25 DDи как выяснилось потом, общая неисправность.

Расположение диагностического разъема не отличается оригинальностью, но его внешний вид несколько путает некоторых господ т.н. «диагнозтов». Внешне он весьма похож на разъем J1962, иногда называемый «OBDII-разъем». Но ни какого отношения к этой системе самодиагностики ни этот разъем, ни протокол, который используется для связи между БУ м сканером, не имеет. Известная модификация стандартного ниссановского протокола и не более того. Возможна диагностика параметров инжекторной системы различными



сканерами, в том числе и с помощью самодельных аппаратных «девайсов» и различных программ. На фото слева: 1 - диагностический разъем, 2- адаптер для подключения нутбука к разъемам разной



конструкции и для проверки напряжений/осциллограмм на их контактах.

Оба автомобиля характеризуются тем, что адреса некоторых ECU (A/T: FF FF EA, SRS: FF FF DC) остались неизменными и с ними можно работать общеизвестными диагностическими средствами. Физические адреса других блоков изменились (FF FF D2, FF FF DA, FF FF E7) и соответственно изменены адреса регистров, которые содержат значения параметров систем. А это, безусловно, ограничивает возможности диагностики и требует особой «бдительности» при выборе сканера при покупке. Но, тем не менее, т.н. электронная диагностика этих автомобилей возможна и значительно сокращает как время поисков причин неисправности, так и длительность, и стоимость последующего ремонта.

Одна из машин была привезена «на галстуке», то есть в банальном состоянии не заводится». Другая – пришла своим ходом, но с проблемами неустойчивой работы двигателя на холостом ходу прогретого двигателя и заметными дерганиями при разгоне. Поскольку, как потом выяснилось, причина таковых состояний была одинаковой, как и сами двигатели, то при

дальнейшем рассмотрении они специально не разделяются. Другое сходство этих заключалось в том, что в памяти БУ инжекторной системой устойчиво «сидел» код 1232. Как общеизвестно этот код неисправности идентифицируется как неисправность или несоответствие параметров датчика давления в топливной системе (Pressure Regulator), хотя нельзя исключать и неисправность регулятора давления.

Поэтому первым делом после считывания кодов неисправности с помощью сканера, а затем и вручную было проверено давление в топливной системе и сам датчик. Напомню, что в топливном насосе установлены клапан-регулятор давления и датчик давления. Поэтому причинами считывания

такого кода могут быть поломка (износ) насоса, неисправность датчика и/или клапана-регулятора давления и другие.

Во избежание недоразумений и «заодно» был потока воздуха (MAF Sensor). Он проверен датчик оказался полностью исправным. Поскольку одна из машин категорически не заводилась (давление в топливной системе составляло десятые доли МПа) и только для проверки<sup>2</sup> - перед чувствительном элементом датчика была установлена «диафрагма». На фото справа -«модифицированный» датчик потока воздуха. Назначение такого «тюнинга» состоит в том, что уменьшение сечения входного воздуховода увеличивает скорость потока воздуха. Таким способом имитируется поступление в двигатель якобы большего количества воздуха, на что БУ реагирует увеличением времени открывания форсунок, то есть увеличением количества топлива, которое подается в цилиндры. Это позволило завести двигатель, то есть компенсировать недостаток топлива.

Так как с помощью такого простого способа обогащения топлива был получен положительный



результат (двигатель начал заводиться), то шансы версии о неисправности топливного насоса

4

 $<sup>^2</sup>$  Особенности неисправностей современных автомобилей разных производителей связанные с неисправностью этого датчика рассмотрены в статье " MAF Sensors vs. DTC P0171/P0172"

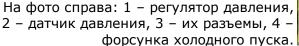
значительно увеличились. На рисунке справа данные датчика потока воздуха (MAS A/F SE-B1) и значение давления в топливной системе (AVEPR) при холостом ходу двигателя при установке «диафрагмы». Предположение о возможной неисправности дополнительного «подающего» насоса, который может быть одной из причин столь малого давления ТНВД, была исключена после проверки его давления. Давление ТНВД второй машины составляло 1.8-2.05 МПа на холостом ходу и 2.85-3.15 МПа при 1 500 об/мин. Более чем недостаточно...

Возможна несложная проверка давления ТНВД и датчика давления с помощью обычного вольтметра и/или осциллографа. Причем для их проведения совершенно необязательно использовать

так называемые «мотор-тестеры». Разработчики как будто специально для облегчения проверки такими способами, разместили разъемы этих устройств рядом друг с другом и в доступном месте. В таблице приведены их примерные значения на

полностью исправном автомобиле.

Давление, МПа	Напряжение датчика, В	Скважность импульсов регулятора давления,%
Более 11	Более 3.25	0
10.5	3.2	10
9.5	3.0	20
8.5	2.7	30
7.5	2.4	40
6.0	2.0	50
4.5	1.7	60
3.5	1.4	70
2.7	1.2	80
1.7	0.9	90





Напомню, хотя максимальное давление насоса составляет примерно 12 МПа, но реальное давление в топливной рейке обычно меньше (6.5-7 МПа) и зависит от режима работы двигателя. Для регулировки и поддержания давления в насосе установлен регулятор, который управляется ЕСМ импульсами напряжения изменяемой скважности. Применение такого способа управления позволяет добиться точного поддержания значения давления в соответствии с эксплуатационными условиями и быстрой реакции системы при необходимости изменения. Суть состоит в том, что изменяется соотношение между временем отрытого и закрытого состояний клапана, то есть изменяется среднее время, в течение которого сбрасывается давление в топливной системе. На рисунке пример осциллограммы напряжения.

Поскольку давление в топливной системе было недостаточным, то для проверки правильности функционирования системой управления давления был проведен еще один эксперимент. Вместо датчика давления был подключен относительно высокоомный делитель напряжения, от которого на вход БУ было подано напряжение 2.5 вольта. На рисунке слева представлены значения параметров при включенном зажигании, но не заведенном двигателе (тест КОЕО).

Весьма интересна реакция БУ на эту имитацию нормального давления насоса. Её видеозапись

	ata compare	Reco	rd 👸
<b>3</b>	MAS A/F SE-B1		٧
		1.0	]4
<b>(1)</b>	AVEPF		MPa
•		7.1	9
Î	12345 H	lold	Back

экрана осциллографа, подключенного к сигнальному проводу клапана занимает примерно секунд 40, попробую рассказать «своими словами». Сразу после заведения скважность импульсов постепенно увеличивается, но поскольку БУ не видит (не обнаруживает) увеличение давления (напомню, вместо него подключен делитель напряжения), то, дойдя «до упора» просто прекращает управление клапаном и записывает в память код неисправности 1232. То есть БУ и канал управления и проверки давления исправен. После всех этих дополнительных проверок можно было с полной уверенностью рекомендовать замену ТНВД как способа ремонта (устранения неисправности).

Дальнейшее «вскрытие» ответило на многие вопросы. Первое, на что обратило внимание после демонтажа насосов это то, что вал одного из них было невозможно провернуть руками, вал второго (машины, которая могла еще перемещаться), вращался только при прикладывании значительного

усилия. На следующих фотографиях показан торец распредвала, с помощью которого осуществляется привод ТНВД (слева) и фрагмент процесса установки нового насоса.





Может возникнуть почти естественный вопрос «а зачем все эти изыскания, если с помощью сканера было известно, что давление в топливной системе критически мало?». По нескольким причинам, главная - заключается в том, рекомендации исполнителя диагностики должны быть максимально точными и ответственными. Лотерея «а давайте поменяем ЭТО и посмотрим, а вдруг поможет» суть удел малообразованных сервисменов. Тем более что стоимость насоса многие сотни и не гривен, а более известной валюты. Кроме этого, было совершенно непонятны причины столь быстрой поломки насосов на автомобилях с таким относительно малым пробегом.

Предлагаю взглянуть на фотографии наиболее характерных мест «внутренностей» насоса, но

предупреждаю, что фото не для слабонервных.





После снятия и разборки переда глазами предстала картина полной «разрухи»: опорные роликовые подшипники изношены «донельзя», обойма шарикоподшипника разрушена и главное, металлическая гофрирующая полость изношена до дыр, причем в прямом смысле этого слова (фото гофр обоих насосов). Кроме этого, во всех внутренних полостях насоса и топливной магистрали находились «продукты» износа: металлическая стружка и порошок.





На фото внутренности ТНВД, которые дают представление о его внутреннем устройстве. Все достаточно банально, так как насосы похожей конструкции используются в компрессорах

автомобильных кондиционеров воздуха.





На этих фото внешний вид новых насосов высокого давления Nissan для двигателей с системой непосредственного впрыска бензина в цилиндры.

Кстати, Но приключения одного автомобиля не закончились. После установки нового насоса

стало четко заметно «пятерение» двигателя.







С причиной этого разобраться было уже не сложно, и она стала более понятна после снятия форсунок. Металлическая стружка и порошок (особенно заметны на фото) попали в топливную магистраль и форсунки. И никакой «Wynn's» не был в состоянии справиться с ними. Замена

неисправной форсунки устранила и эту проблему. На правом фото – «сладкая парочка» форсунок (форсунка холодного пуска и

обычная).



Поскольку двигатели рассматриваемой системы используют повышенный уровень рециркуляции выхлопных газов, TO во внутренних поверхностях впускного коллектора наблюдается повышенный уровень отложений. Очистка форсунки холодного пуска с помощью «растворителя нагара»

устранила и будущие проблемы с заведением холодного двигателя. Заодно были обработаны исправные форсунки (фото слева). Иногда причиной недостаточного давления является «забитость» входного фильтра (фото). Поэтому кроме проверки/замены масла в насосе следует очищать этот фильтр.



После замены заклинившей топливной форсунки двигатель «запел во весь голос» и был готов показать все, на что способен VQ25DD! На рисунке справа некоторые параметры исправной инжекторной системы после сборки.

Увы, но вопрос о причинах столь болезненной для кошелька владельцев этих Nissan неисправности несколько затерялся и может быть, будет рассмотрен в другой раз...

Приведенные примеры диагностики и ремонта является свидетельством того, что при анализе причин неисправности даже современного вполне автомобиля применимы не только «интеллектуальные» средства (диагностические сканеры), но и обычные методы с использованием простого осциллографа и тестера. Причем не только для считывания кодов неисправности, но и для инструментальной проверки параметров систем.

Справедливости ради следует заметить, что «чем дальше в лес тем больше дров» и в современном автомобиле для полноценной проверки рассмотренной системы более чем достаточно возможностей соответствующих, в том числе и недорогих, диагностических сканеров. Необходимость использования дополнительных средств проверки параметров все больше «сходит на нет» и носит локальный характер. Хотя «зачехлять свои осциллографы, манометры/компрессометры и т.д. пока не стоит...

Например, такое, достаточно простое устройство (справа фото промежуточного результата) позволит Вам проверять давление в топливной системе как обычных инжекторных систем, так и систем непосредственной подачи топлива в цилиндры автомобилей. Да и компрессию в цилиндрах проще измерять с помощью этого устройства. Встроенный в это устройство датчик разряжения тоже может быть подспорьем в работе, так как с его помощью можно оперативно проверить этот немаловажный параметр двигателя.

Live Data		Reco	rd
∠ENG SPEED	700	rpm	Î
∠MAS A/F SE-B1	1.30	ν	
<b>∠</b> AVEPF	7.28	MPa	
∠A/F ALPHA (B1)	92	%	
∠ HO2S1 (B1)	0.61	V	
CLSD THL POS	ON		
10.00 -			İ
MPa 7.00			
Clear Hold Back			





p.s. Nissan Gloria (HY34) VQ30 (DD) 105506 км. Заменен неисправный насос высокого давления на полностью исправный б/у. Перед установкой «новый» насос разобран, обслужен и проверен (после сборки, но перед установкой). Давление (на стенде) от 3.0 до 9.0 МРа, регулятор давления и датчик давления – «Ок». Автомобиль возвратился эвакуаторе): неустойчивый холостой ход, раскручивается более 2000 об/мин. Клиент в шоке (цена насоса 500 \$US, + работа по установке/обслуживанию). Проверка давления в топливной системе: 0.29-0.31 МРа (!). Настала очередь волноваться «мастеровым». И не напрасно. После снятия насоса «все стало понятным». На штоке насоса отсутствовало кольцо «зацепления», через которое передается вращающий момент от распредвала к валу насоса. Можно предположить, что при разборке/сборке насоса шплинт выбивался без применения специального инструмента и в результате

этого в твердосплавном кольце появилась микротрещина, и поэтому кольцо не выдержало значительные долговременные нагрузки.

Вот так выглядит насос VQ30DD на HV-35.





November 2006 - May 2007 Copyright © V. P. Leshchenko 2006-2007 Copyright © Photo and Screen Save V. P Leshchenko 2006-2007

Другие статьи о практике диагностики и ремонта в этой страничке:

"Story of the Month" (by al tech page in <a href="http://alflash.com.ua/story.htm">http://alflash.com.ua/story.htm</a>)

<b>High-Pressure Fuel</b>	l Pump of Nissan
---------------------------	------------------

Notes.		