

## Регулировка электромагнитного клапана насос-форсунок с использованием тестера ТНФ-1

Для качественной работы двигателя установленные в него НФ должны обеспечивать требуемую равномерность дозирования и чередования впрыскивания топлива.

Равномерность дозирования топлива определяется гидроплотностью и производительностью НФ.

Равномерность чередования в первую очередь определяется одинаковостью времён закрытия клапанов, т.е. **одинаковостью зазоров и усилия возвратной пружины**, а так же гидроплотностью, которая влияет на задержку открытия распылителей в комплекте НФ.

Параметры НФ можно разделить на две группы – электромеханические и гидравлические.

К электромеханическим параметрам относятся ход плунжера клапана, зазоры в исходном и сработавшем положениях, усилие возвратной пружины. Эти параметры определяют токи срабатывания и отпускания клапана и, соответственно, его быстродействие, т.е. время срабатывания.

Параметры импульса управления так же влияют на время срабатывания клапана, но они относятся к внешним факторам и на внутренние параметры НФ не влияют.

К гидравлическим параметрам НФ относятся давление открытия распылителя, гидроплотность и производительность.

Для достижения наилучших результатов эти группы параметров следует определять и регулировать отдельно.

В тестере принят способ регулировки **зазоров клапана и усилия возвратной пружины по токам срабатывания и отпускания**, смысл которого раскрывается ниже.

В электромагнитном клапане плунжер клапана удерживается в исходном положении возвратной пружиной, и между сердечником электромагнита и плунжером клапана имеется воздушный зазор (пространство намагничивания) –  $d_{нач}$ .

При подаче тока в обмотку электромагнита возникает магнитная сила, притягивающая плунжер к сердечнику. Эта сила прямо пропорциональна силе тока в обмотке и обратно пропорциональна воздушному зазору между плунжером и сердечником.

$$F = K \frac{I}{d}$$

где: **K** – коэффициент, зависящий от конструкции электромагнита;

**I** – сила тока в обмотке;

**d** - воздушный зазор.

При увеличении силы тока в обмотке, когда магнитная сила становится равной силе сопротивления возвратной пружины, начинается движение плунжера клапана к сердечнику. При этом уменьшается воздушный зазор и увеличивается магнитная сила – возникает положительная обратная связь, приводящая к ускоренному движению плунжера к сердечнику, пока он не сядет на седло клапана или другой упор, что ограничит его движение. В этом сработавшем положении клапана между плунжером и сердечником остаётся воздушный зазор – зазор до магнита в сработавшем положении –  $d_m$ .

При уменьшении силы тока в обмотке, когда магнитная сила станет равной силе возвратной пружины, начнётся обратное движение плунжера, приводящее к увеличению зазора и уменьшению магнитной силы. Плунжер возвращается в исходное положение.

Сила тока, при которой плунжер притягивается к сердечнику и клапан закрывается, называется током срабатывания –  $I_c$ , а сила тока, при которой плунжер возвращается в исходное положение, называется током отпускания -  $I_o$ .

Если в первом приближении принять, что усилие возвратной пружины при срабатывании клапана не изменяется, то магнитные силы в обоих случаях будут равны, поэтому

$$\frac{I_c}{I_o} = \frac{d_{нач}}{d_m} = p \quad (1)$$

Так как  $d_{нач} = d_m + h_{кл}$

где:  $h_{кл}$  – ход плунжера клапана,

то 
$$p = \frac{d_{нач}}{d_m} = \frac{d_m + h_{кл}}{d_m} = 1 + \frac{h_{кл}}{d_m}$$

Отсюда 
$$d_m = \frac{h_{кл}}{p-1} \quad (2)$$

Вместе с тем при срабатывании клапана увеличивается сжатие возвратной пружины на величину хода плунжера, что повышает её усилие. При этом клапан отпускает при большей силе тока по сравнению с ситуацией неизменного усилия пружины при отпуске клапана. Это воспринимается как увеличение зазора в сработавшем положении клапана.

Так как характеристика обычных пружин линейная, то относительное изменение усилия возвратной пружины равно относительному изменению её сжатия.

Тогда коэффициент влияния пружины

$$k_{пр} = \left( 1 + \frac{h_{кл}}{S_{пр}} \right) \quad (3)$$

где:  $S_{пр}$  – сжатие пружины при установке её в клапан.

Сжатие пружины - это разность между длиной пружины в свободном и сжатом состояниях (глубиной установочного места под нее в клапане).

Обычно величина  $k_{пр}$  лежит в пределах 1,02...1,05.

Влияние изменения усилия возвратной пружины исключается путем деления тока отпускания на коэффициент  $k_{пр}$ . Тогда отношение токов

$$\frac{I_c}{I_o/k_{пр}} = p \cdot k_{пр}$$

Отсюда

$$d_m = \frac{h_{кл}}{(p \cdot k_{пр} - 1)} \quad (4)$$

Ввиду малости коэффициента  $k_{пр}$  им часто пренебрегают и пользуются формулой (2), но это приводит к некоторому влиянию усилия пружины на величину индицируемого зазора  $d_m$ .

Такой способ определения зазоров имеет очень высокую чувствительность. Уверенно отмечаются изменения зазоров порядка одного микрона.

При сборке клапана устанавливают ход плунжера с высокой точностью, не хуже 2–3 микрон, так как эта погрешность будет переходить в погрешность установки зазора. После сборки проводят приработку клапана, во время которой происходит стабилизация хода плунжера и зазоров.

После установки зазора  $d_m$  по силе тока срабатывания в сравнении с током срабатывания образца производится регулировка усилия пружины до их равенства. Большой ток соответствует большему усилию пружины, и наоборот.

Необходимо заметить, что на токи срабатывания и отпускания оказывает небольшое влияние трение покоя, несколько увеличивающееся после перерывов в работе.

Рекомендуется следующая **обязательная** последовательность действий при сборке и регулировке клапана:

1. При сборке выставляют номинальную величину хода плунжера клапана.
2. После сборки клапана проводят измерение токов с приработкой (тест1).
3. Проверяют и корректируют при необходимости величину хода плунжера.
4. Величину зазора  $d_m$  приводят к номинальному значению.
5. Изменением усилия возвратной пружины добиваются равенства токов срабатывания ремонтной и образцовой НФ.

Сложнее обстоит дело с НФ, в клапане которых имеется две пружины – возвратная и демпферная. Демпфер предназначен для снижения ударной нагрузки при закрытии клапана. При срабатывании клапана происходит движение плунжера вместе с демпфером и сжимается возвратная пружина. Когда запорная кромка

плунжера упрется в гнездо втулки и его движение остановится, придет в движение демпфер, сжимая совместно демпферную и возвратную пружины.

По мере износа НФ происходит усадка пружин, увеличивается ход плунжера клапана и уменьшается зазор в закрытом положении, из-за чего значительно возрастает скорость плунжера к моменту посадки на гнездо. Это увеличивает перемещение демпфера, и при некоторой величине износа возникает ситуация, когда перемещение демпфера увеличивается вплоть до его удара в ограничительное кольцо. После удара демпфер отскакивает и увлекает за собой плунжер, вызывая кратковременное открытие клапана, нарушающее нормальную работу НФ.

В дальнейшем демпфер устанавливается в положении, когда магнитная сила уравновешивается суммарной силой сжатия основной и демпферной пружин.

Таким образом, в сработавшем положении клапана сжатыми оказываются обе пружины.

При отпуске клапана при плавном уменьшении силы тока обычно первым возвращается в исходное положение демпфер с более слабой пружиной, создавая ясно слышимый щелчок, и при дальнейшем уменьшении силы тока возвращается в исходное положение плунжер, создавая второй щелчок. Происходит ступенчатое движение плунжера, что затягивает открытие клапана. Таким образом, двойной щелчок при открытии клапана характеризует неправильную регулировку пружин. Для нормальной работы усилия обеих пружин в закрытом положении клапана должны быть равны, при этом плунжер и демпфер возвращаются в исходное положение одновременно. Как правило, требуется увеличение усилия демпферной пружины.

Тестер обнаруживает такие подскоки и ступенчатые перемещения плунжера при определении токов закрытия и открытия клапана.

При регулировке клапана после устранения износов и установки хода плунжера  $h_{кл}$  и зазора  $d_{нач}$ , усилие возвратной пружины устанавливают по току срабатывания в обычном порядке. Затем регулировкой усилия демпферной пружины (т.е. ходом демпфера) устанавливают зазор в сработавшем положении  $d_m$  необходимой величины.

В правильно отрегулированном клапане подскоки и ступенчатые перемещения плунжера должны отсутствовать.

В связи с малой величиной сжатия возвратной пружины коэффициент  $K_{пр}$  имеет значение 1,1...1,3 и должен учитываться в формуле (4) при расчете зазора  $d_m$ .

Предлагаются следующие ориентировочные параметры НФ:

- ток срабатывания – 2,5...2,6 ампера;
- ток отпущения – 1,1...1,2 ампера.
- ход клапана – 135 мкм;
- зазор в открытом положении клапана  $d_{нач}$  – 270...280 мкм;
- зазор в закрытом положении клапана  $d_m$  – 110...115 мкм (с учетом работы демпфера);