

Гидропневмоавтоматика

УДК 629.114

Обоснование диагностических параметров и алгоритма встроенного диагностирования гидрораспределителей с использованием метода Байеса

Жилевич М. И.

Белорусский национальный технический университет

Для повышения эффективности гидронасыщенных машин, выполняющих ответственные транспортные операции и работающих практически в непрерывном цикле или вахтовым методом, большое значение имеет уменьшение времени простоев. Решить эту задачу можно, в частности, путем снижения времени и затрат на поиск неисправностей (ПН) и их устранение.

На основе измерений параметров функционирования гидропривода (ГП) в различных контрольных могут быть получены логические схемы ПН. Обработку и анализ информации по разработанным алгоритмам можно возложить на бортовой микропроцессор встроенной системы диагностирования. Логическая структура диагностической модели ГП определяется состоянием гидрораспределителей (ГР), задающих режим функционирования ГП (по данным [1] отказы ГР составляют 20% общих отказов ГП). Одно и то же сочетание значений выходных параметров может соответствовать как исправному, так и неисправному техническому состоянию (ТС) ГП в зависимости от положения рабочего органа ГР. Поэтому в процессе синтеза алгоритмов ПН ГР важно предусмотреть возможность автоматического распознавать заданный оператором режим работы ГП.

Задача ПН заключается в постановке соответствия между комбинациями значений диагностических параметров $K = \{k_j, j = 1..j_{max}\}$ и ТС объекта $D_T = \{D_{T^i}, i = 1..i_{max}\}$, причем количество распознаваемых ТС должно максимально приближаться к перечню возможных неисправностей.

Метод Байеса [2] применяют, как правило, в статистической диагностике, однако детерминистские методы с учётом ряда допущений можно рассматривать как частный случай статистических. Поэтому для обоснования схем ПН ГР на предваритель-

ном этапе воспользуемся формулой Байеса, а для их совершенствования - логическими методами анализа структуры объекта диагностирования. Если ГР находится в одном из N случайных ТС D_i , и известны признаки k_j , каждый из которых с определенной вероятностью характеризует ТС ГР, то вероятность того, что выбранная реализация K^* признаков k_j соответствует одному из диагнозов D_i , определяется по формуле Байеса:

$$P(D_i / K^*) = P(D_i) P(K^* / D_i) / \sum_{i=1}^N P(D_i) P(K^* / D_i),$$

где $P(D_i / K^*)$ - вероятность D_i , после того, как стали известны результаты обследования по комплексу признаков K ; $P(D_i)$ - априорная вероятность D_i ; $P(K^* / D_i)$ - вероятность появления реализации K^* у объектов с D_i . Решение о диагнозе D_i принимается, если $P(D_i / K^*) > P_d$, где P_d - пороговое значение (0,8...0,9).

Основная функция ГР – отслеживать команды и в соответствии с ними направлять поток рабочей жидкости (РЖ), поэтому на предварительном этапе в качестве диагностических параметров выбраны сигнал управления (на электромагнитах, давление в торцовой полости золотника, положение рукоятки) и параметры потока РЖ (расход или давление) в выходных гидролиниях. Выбор в пользу расхода ограничен техническими возможностями измерения больших расходов РЖ. Кроме того, при завершении операции, когда поршень гидроцилиндра упирается в ограничитель, расход становится равным нулю при включенном ГР, что вносит дополнительные трудности в распознавание ТС в автоматическом режиме. Поэтому предпочтение отдано давлению, а диагностическим признаком может быть превышение некоторого его порогового значения, соответствующего, например, выполнению операции без нагрузки.

Перечень распознаваемых диагнозов, диагностические параметры и их вероятности заносятся в диагностическую матрицу (таблица 1, в исходную матрицу признак k_3 не входит). Так как распознавание производится в условиях отсутствия статистической информации, будем считать диагнозы равновероятными. Если вероятность проявления признака при установлении диагноза не является однозначной (0 или 1), примем ее равной 0,5 (максимальная неопределенность).

Таблица 1 – Диагностическая матрица

Номер	Диагноз D_i Наименование	Вероятность признаков k_j			Вероятность диагноза $P(D_i)$
		$k_1 (X_{от})$ Сигнал управления	$k_2 (X_{выс})$ Выходной сигнал (характеристика потока жидкости)	$k_3 (X_{дп})$ Датчик положения	
		$P(k_1/D_i)$	$P(k_2/D_i)$	$P(k_3/D_i)$	
D_1	Исправен	0,5	0,5	0,5	0,25
D_2	Заклинил (отказ электромагнита)	1	0	0	0,25
D_3	Утечки через распределитель	0	1	0	0,25
D_4	Поломка возвратных пружин	0	1	1	0,25

Результаты расчетов представлены в таблице 2. Для исходной диагностической матрицы при $P_{д}=0,8...0,9$, можно распознать лишь диагнозы D_1 и D_2 , а также и сделать предположение об одном из диагнозов D_3 или D_4 (совместная вероятность 0,9). Для увеличения глубины поиска в систему признаков вводится сигнал с датчика конечного положения золотника ГР. Расчет по дополненной матрице показывает (см. таблицу 2), что введенный признак позволяет разделить все диагнозы. Так как включенная позиции ГР распознается двумя способами: с помощью датчика и по давлению на выходе, базовый алгоритм становится более гибким, его можно корректировать с учетом конструктивных особенностей и контролепригодности конкретного типа ГР.

Таблица 2 - Решение о диагнозе

Реализация комплекса признаков K^* (1 – есть; 0 – нет)			Вероятность диагноза при данной реализации комплекса признаков $P(D_i/K^*)$			
k_1	k_2	k_3	D_1	D_2	D_3	D_4
Расчет по исходной диагностической матрице						
0	0		1	0	0	0
0	1		0,1	0	0,45	0,45
1	0		0,2	0,8	0	0
1	1		1	0	0	0
Расчет по дополненной диагностической матрице						
0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0,1	0	0	0,9
1	0	0	0,1	0,9	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0,1	0	0,9	0
1	1	1	1	0	0	0

Анализируя сочетания $k_1\overline{k_2k_3}$ и $\overline{k_1k_2}k_3$, соответствующие исправному ГР, можно предположить о неисправности датчиков положения. Комбинация $k_1\overline{k_2k_3}$ также соответствует D_1 , что возможно, например, при неработающем насосе. Воспользовавшись дополнительно угловой скоростью ω ротора насоса (включен-выключен), можно разделить ТС D_1 и возможную разгерметизацию контура (ТС насоса оценивается отдельно).

По результатам анализа расчетов составлена таблица функций неисправностей (таблица 3). Такая таблица удобна для представления алгоритма в словесной форме, например, в инструкции по эксплуатации, когда последовательно анализируются все представленные в ней сочетания признаков.

Таблица 3 - Таблица функций неисправностей распределителя

$X_{сг}$	$X_{вых}$	$X_{пр}$	$\omega > \omega_0$	Диагноз	
0	1	1	-	D_{p1}	Утечки в распределителе (нарушение сопряжений)
0	1	0	-	D_{p2}	Излом или ослабление возвратных пружин
0	0	1	-	D_{p3}	Неисправен или разрегулирован датчик положения
1	1	0	-	D_{p3}	Неисправен или разрегулирован датчик положения
1	0	0	-	D_{p5}	Заклинил золотник (отказ эл/магнита, засорен дренаж)
1	0	1	1	D_{p4}	Негерметичность контура (или исправен насос)

*Примечание - С учетом характеристик переходного процесса

Для автоматического ПН разработан условный алгоритм. Количество и последовательность проверок определяются результатом выполнения предшествующего условия. В автоматическом режиме переходные процессы в ГП могут стать причиной ошибочных диагнозов. Например, после регистрации сигнала на включение ГР при высокой частоте квантования «мгновенно» фиксируется отсутствие сигнала с датчика нового положения золотника, давления на выходе не успевает нарасти, «статический» алгоритм делает ложный вывод о неисправности. Это обуславливает необходимость ввода в алгоритм выдержки времени на завершение переходного процесса перед выдачей аварийного сообщения. Время выдержки можно оценить экспериментально или по результатам динамического расчета ГП.

1. Сырицын, Т. А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов / Т. А. Сырицын. – М.: Машиностроение, 1990. – 248 с.
2. Биргер, И.А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.