

УДК 62-522

*Т.С. САЛЫГА*, аспирант НТУ «ХПИ», г. Харьков

*А.В. КРАСИЛЬНИК*, вед. инж. ОПК «Гидроэлекс», г. Харьков

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

У статті розглянута можливість оптимізації пневматичної схеми трактора, що використовується для управління виконавчими гідравлічними пристроями. Оптимізація полягає в мінімізації стандартної позиційної структури. Складена схема з використанням командоапарату, проведена оптимізація методом безрозділової декомпозиції, отримана мінімізована схема.

Optimization of the pneumatic scheme of the tractor intended for management by executive hydraulic devices is considered in the article. Optimization is consisted in minimization of standard position structure. The scheme with application of controller is made, optimization with the help of the undivided decomposition method is carried out, the minimized scheme is received.

В последнее время, в связи с повышением требований к сельскохозяйственной технике, особенно в вопросах уменьшения энергозатрат, увеличения универсальности, улучшения качества обработки грунта, улучшения условий работы оператора и других требований, которые диктует рынок сельскохозяйственной техники, на современных тракторах начали применять все большее количество гидравлического оборудования. Для повышения эффективности работы операторов и уменьшения потребления топлива все чаще на тракторах устанавливают два навесных агрегата, спереди и позади машины. Подобные высокопроизводительные комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты используют, в частности, при предпосевной обработке почвы и посева льна. Такие системы позволяют за один проход по полю выполнить все операции обработки почвы и посева, что обеспечивает повышение производительности труда до 60% и снижение расхода топлива на 1,5–2 кг/га по сравнению с применением однооперационных агрегатов. Также на многих машинах с целью выполнения какой-либо землеобрабатывающей операции или переориентации трактора от транспортной машины к почвообрабатывающей необходимо выполнить целый ряд переключений исполнительных гидравлических органов [1].

Для ускорения этих операций целесообразно использовать автоматические или полуавтоматические системы управления. Учитывая, что в последнее время почти все тракторы оборудуются пневматическим приводом, целесообразно использовать систему управления, построенную на пневматических распределителях. Это позволит уменьшить массово-габаритные показатели и снизить конечную цену машины. Однако использование пневматической схемы управления составленной традиционно с использованием командоапарата нуждается в применении большого количества пневматических распределителей и логических элементов. Используя метод «предельной минимизации» [2] возможно оптимизировать систему управления и уменьшить количество необходимой аппаратуры.

Рассмотрим возможность оптимизации пневматической схемы управления на примере трактора ХТЗ-150.

Приведём цикл работы трактора ХТЗ-150 при обработке грунта навесным оборудованием и составим таблицу взаимодействий выходящих и входящих сигналов (табл. 1).

Исполнительными органами гидропривода трактора Т-150 являются гидравлические цилиндры Ц1 – Ц3, которым отвечают выходные сигналы  $Z_1 – Z_3$ . Цилиндр Ц1 выключает блокировку дифференциала трактора, когда трактор выполняет непосредственно обработку грунта, позиция контролируется в начальном положении конечным выключателем 1 (КВ1)  $X_1$ , а в конечном положении КВ2  $X_2$ . Цилиндр Ц2 отвечает за регулировку положения культиватора, корректирует его положение относительно грунта, которое контролируется в начальном положении КВ3  $X_3$ , а в конечном КВ4  $X_4$ . Цилиндр Ц3 отвечает за приведение в рабочее положение второго навесного устройства, валика. Его начальное положение контролирует КВ5  $X_5$ , а конечное  $X_6$ . Цикл работы начинается с нажатия пневмотумблера (ПТ)  $X_7$ , и если дифференциал трактора заблокированный, подается сигнал  $Z_1 = 1$  и цилиндр разблокирует дифференциал. После чего по сигналу КВ3, Ц2 подводит культиватор к позиции начала обработки грунта  $Z_2 = 1$ , при этом включая в конце хода КВ4  $X_4 = 1$ , по сигналу которого начинается подвод в рабочее положение второго навесного устройства – валика. Подвод осуществляется Ц3,  $Z_3 = 1$ . После окончания работы, по сигналу  $X_6 = 1$  происходит возврат в начальное положение Ц3  $\overline{Z_3} = 1$ . По сигналу  $X_5 = 1$  происходит подъем культиватора в транспортное положение  $\overline{Z_2} = 1$ . По сигналу  $X_3 = 1$  происходит возвращение в начальное положение Ц1 и блокирование дифференциала трактора  $\overline{Z_1} = 1$ .

Таблица 1

Взаимодействие исходящих и входящих сигналов

Выходящие сигналы		Входящие сигналы					
Обозначение	Название цикла	Автоматический режим				Наладка	
		Начальное положение	Конечное положение	Промежуточные ВК		Включена	Выключена
				Наименование	Обозначение		
$Z_1$	Разблокирование дифференциала	$X_1$	$X_2$	–	–	–	–
$Z_2$	Приведение в рабочее положение и обработка культиватором	$X_3$	$X_4$	–	–	–	–
$Z_3$	Приведение в рабочее положение и обработка валиком	$X_5$	$X_6$	–	–	–	–

Проведем оптимизацию методом «предельной минимизации»:  
Составим графопераций (рис. 1):

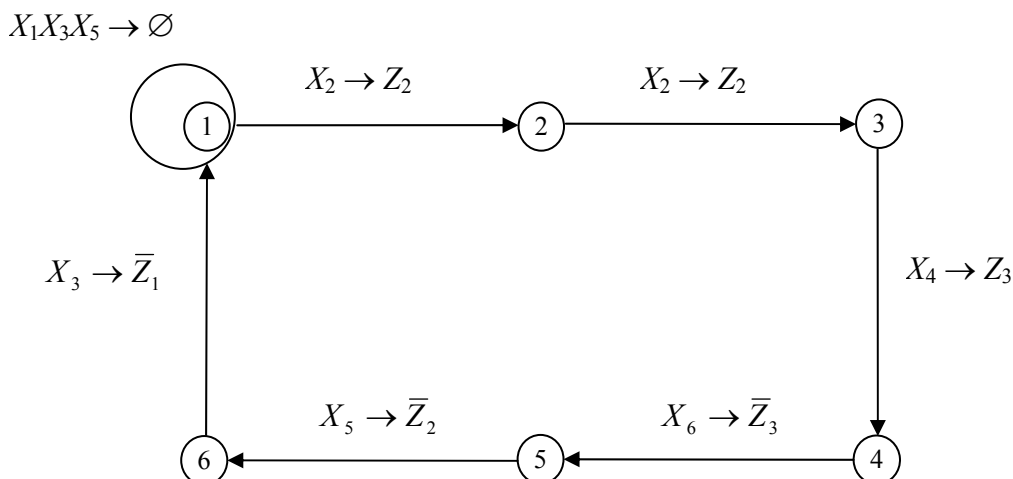


Рис. 1. Графоопераций цикла работы трактора ХТЗ-150

Проведем оптимизацию (табл. 2).

Соответствие сигналов управления перемещению исполнительных устройств (ИУ) Таблица 2

		$X_7X_1$	$X_2Y$	$X_4Y$	$X_6$	$X_5\bar{Y}$	$X_3\bar{Y}$
$\bar{Y}$	$X_1X_3X_5 \rightarrow \emptyset$	0	0	0	0	1	1
$\bar{Y}YS$	$X_7X_1, X_3X_5 \rightarrow Z_1$	1	0	0	0	1	1
$Y$	$X_2, X_3X_5 \rightarrow Z_2$	0	1	0	0	0	0
$Y$	$X_4, X_2X_5 \rightarrow Z_3$	0	1	1	0	0	0
$\bar{Y}YR$	$X_6, X_2X_4 \rightarrow \bar{Z}_3$	0	1	1	1	0	0
$\bar{Y}$	$X_5, X_4X_2 \rightarrow \bar{Z}_2$	0	0	0	0	1	0
$\bar{Y}$	$X_3, X_2X_5 \rightarrow \bar{Z}_1$	0	0	0	0	1	1

Получим формулы:

$$X_7X_1 = Z_1 = S; \quad X_2Y = Z_2; \quad X_4Y = Z_3; \quad X_6 = \bar{Z}_3 = R; \quad X_5\bar{Y} = \bar{Z}_2; \quad X_3\bar{Y} = \bar{Z}_1.$$

По полученным формулам построим минимизированную схему [3] (рис. 2).

Схема работает следующим образом: оператор переключает распределитель пневматический (РП) 1 в позицию «а», гидравлический цилиндр Ц1 находится в задвинутом положении – позиции начала цикла, соответственно конечный выключатель КВ1 держит РП2 в позиции «а», сжатый воздух поступает в РП2.

Таким образом складываются два сигнала от КВ1 –  $X_1$  и от РП1 –  $X_7$ . Сигнал  $X_7X_1$  идет на управление пневматическим распределителем РП9 –  $Z_1$ . РП9 переключается в позицию «а» и рабочая жидкость попадает к штоковой полости Ц1. Также этот сигнал переключает пятилинейный распределитель с памятью РП4 в позицию «а». Когда шток исполнительного органа Ц1 выдвигается, срабатывает КВ2,

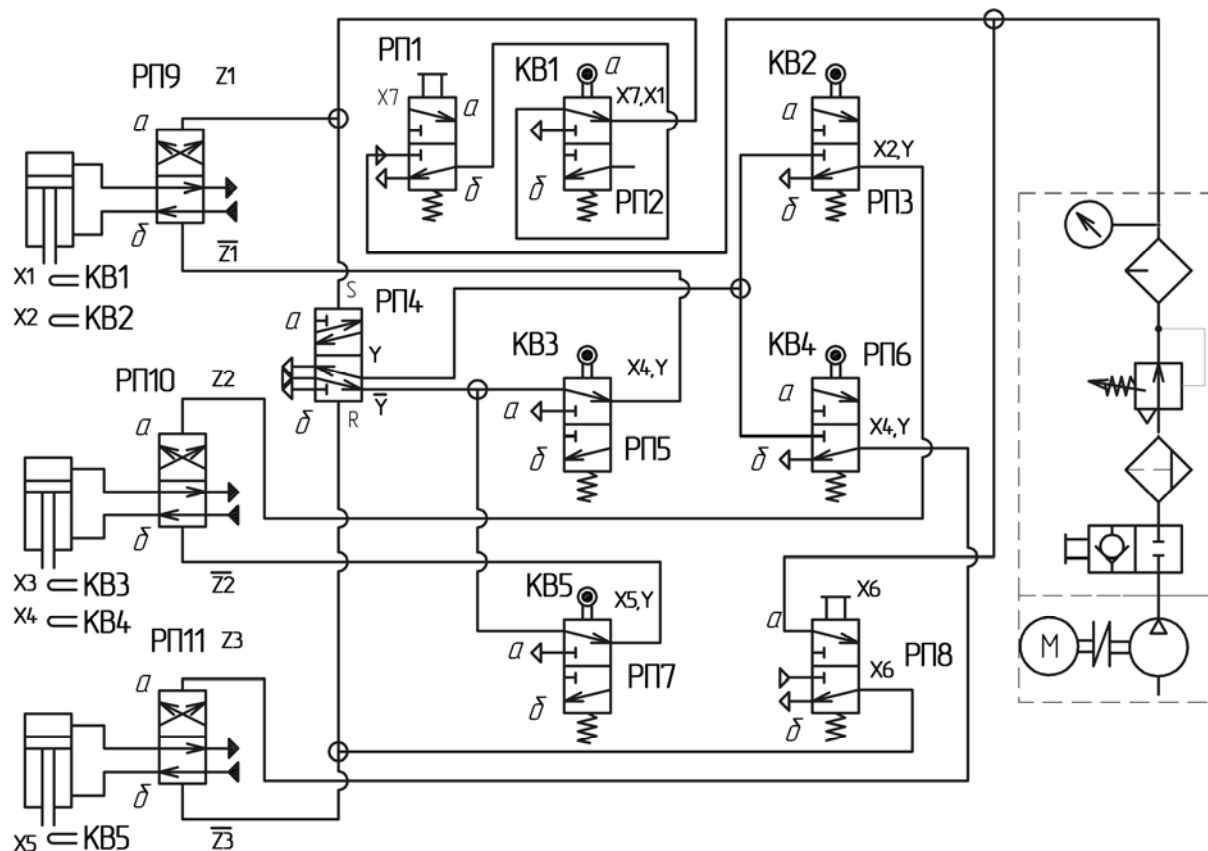


Рис. 2. Схема минимизированная пневматически гидравлическая

распределитель РП3 переключается в позицию «а» и воздух от РП4, через РП3 идет на  $Z_2$ , на управление РП10, тот переключается в позицию «а» и рабочая жидкость идет к поршневой полости второго цилиндра Ц2. После того, как переключится KB4 и соответственно РП6 переключается в позицию «а», сигнал от РП4 через РП6 попадает в полость управления РП11 –  $Z_3$ . Последний цилиндр Ц3 выдвигается в рабочее положение. Оба агрегата трактора находятся в рабочем положении, происходит обработка грунта. По завершению обработки, оператор переключает РП8 в положение «а», сигнал  $X_6$ . Сжатый воздух идет в РП11, который переключает поток рабочей жидкости и Ц1 начинает задвигаться. Одновременно воздух от РП8 переключает РП4 в позицию «б». Цикл происходит в обратном направлении.

Осуществив оптимизацию методом «предельной минимизации» вместо двадцати трех распределителей и шести клапанов «или» которые были бы необходимы при применении в системе управления, реализованной с помощью командоаппарата, мы минимизировали схему и реализовали ее с помощью восьми пневматических распределителей и трех гидравлических с пневматическим управлением.

Таким образом, создана система управления, которая может выполнить необходимый цикл переключений гидравлических исполнительских органов после нажатия оператором всего лишь одной кнопки. Такие схемы целесообразно использовать в сложных гидравлических системах, установленных на сельскохозяйственной технике, строительных и других машинах. Подобную схему возможно разработать для любого цикла работы гидравлической системы машины, сделать ее автоматической, как в этом случае, или полуавтоматическую, т.е. с

возможностью оператора перерывать цикл и брать на себя управление на любом этапе выполнения цикла [4]. При этом оптимизация, выполненная методом «предельной минимизации», разрешит реализовать эти схемы с использованием минимального количества аппаратуры. Системы управления позволяют, кроме упрощения управления техникой, обеспечить защиту от неверного переключения исполнительских органов и предотвратить преждевременный выход из строя гидравлического оборудования или его разрушения. На многих современных строительных машинах устанавливают системы защиты от неверной последовательности переключения исполнительских органов. Так как переключение распределителей в схеме, предложенной в этой статье, возможно лишь при интегрировании всех необходимых сигналов управления, такая система не может переключаться случайно, что делает невозможным ошибку системы управления или оператора. Поэтому подобной системой возможно заменить предохранительные системы и, дополнительно, получить автоматический цикл переключений.

Учитывая низкую стоимость пневматических распределительных устройств, их незначительные массовые показатели и энергетические затраты связанные с их функционированием, установка подобных систем существенно не повлияет на ухудшение характеристик машины или на повышение цены для конечного покупателя. Поэтому является целесообразным использование минимизированной системы управления гидравлическим приводом для сельскохозяйственных, строительных и других машин.

**Список литературы:** 1. Каминьски Я.Р. Тенденции и перспективы развития бортовых компьютеров для сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – № 6. – С. 26-31. 2. Черкашенко М.В. Метод логического проектирования дискретных систем управления машин автоматов с пневмо- или гидроприводом / М.В. Черкашенко // Пневматика и гидравлика. Приводы и системы управления. – М.: Машиностроение, 1981. – № 8. – С. 181-189. 3. Cherkashenko M.V. Synthesis of schemes of hydraulic and pneumatic automation // 5th International Fluid Power Symposium in Aachen, Germany, March. 2006 – Volume 1, Workshop. – P. 147-154. 4. Гамынян Н.С. Гидравлический следящий привод / Н.С. Гамынян, Я.А. Каменир, Б.Л. Коробочкин, И.М. Крассов, В.А. Лещенко, Е.М. Хаймович. – М.: Машиностроение, 1968. – 562 с.

© Салыга Т.С., Красильник А.В., 2010  
Поступила в редколлегию 12.02.10