© М.С. Ломакин, А.М. Ромашенков, А.М. Самойленко, 2006

УДК 65.011.56:621.879.38

М.С. Ломакин, А.М. Ромашенков, А.М. Самойленко

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОДЪЕМА И ТЯГИ МОЩНОГО ЭКСКАВАТОРА — ДРАГЛАЙНА В ПРОЦЕССЕ КОПАНИЯ

Опыт эксплуатации мощных экскаваторов драглайнов, являющихся дорогостоящими и высокопроизводительными горными машинами, показывает, что при ручном управлении процессом копания в рабочем оборудовании и электроприводах подъема и тяги драглайна возникают значительные динамические нагрузки. Эти нагрузки приводят к снижению надежности и долговечности, а так же производительности экскаваторов - драглайнов.

Управления процессом копания драглайнов осуществляется путем взаимодействия его электроприводов подъема и тяги, обеспечивающим зависимости регулирование усилия натяжения подъемных тяговых канатов (ПК и ТК). Существование системы управления электроприводами подъема и тяги экскаватора - драглайна не имеют связывающей их между собой системной связи. Существует только механическая связь между этими электроприводами через подъемные, тяговые канаты и ковш [1].

В МГТУ разработана автоматизированная система управления взаимо-действием электроприводов подъема и тяги (АСУВ ЭПТ) мощного экскаватора - драглайна.

АСУВ ЭПТ обеспечивает взаимосвязанную работу электроприводов подъема и тяги (ЭПП и ЭПТ) в трех режимах управления процессом копания – ра-ционального, автоматической коррекции сигналов управления электроприводами подъема и тяги, а так же ограничения допустимых максимальных и минимальных усилий ПК и ТК. Функциональная схема АСУВ ЭПТ представлена на рисунке.

В качестве рационального режима управления процессом копания принимается управление взаимодействием ЭПП и ЭПТ, обеспечивающим заданную толщину срезаемой ковшом стружки грунта. При таком управлении процессом копания обеспечивается равномерная (по толщине стружки), отработка забоя, что позволяет сократить время на зачистку забоя, по сравнению с режимами управления процессом копания, приводящих к образованию значительных неровностей профиля забоя из-за чрезмерного заглубления ковша в грунт [2].

В режиме рационального управления копанием заданное натяжение подъемных канатов Sп.зад формируется по следующей зависимости:

$$S_{п.зад} = S_{п0} + K_п\varepsilon_т + K_и\int_0^t \varepsilon_т dt + K_д\frac{d\varepsilon_т}{dt}, \qquad (1)$$

где $S_{п0} = C_{тупр}$ - заданное начальное натяжение, формируемое задатчиком натяжения ЭНПК, принимаемое равным весу упряжи ковша; Кп, Кн, K_D - коэффициенты пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющей ПИД-регулятора натяжения тяговых канатов РНТК, формирующего заданную величину натяжения подъемных канатов; εт = Sт.зад - Sт - величина рассогласования между заданным (Sт.зад) и действительным (Sт) значением усиления в тяговых канатах.

Величина усилия натяжения в тяговых канатах измеряется датчиком ДНКТ натяжения в тяговых канатах. Заданное натяжение усилия в тяговых канатах формируется программным задатчиком натяжения тяговых канатов ПЗНТК по линейной зависимости в функции длины пройденного ковшом пути копания:

$$S_{т.зад} = S_{т.о.} + K_L L_к , \qquad (2)$$

где $S_{т_0}$ - начальное усилия тяговых канатов, которое выбирают равным сопротивлению резания грунта на заданной глубине копания (в зависимости от категории разрабатываемых грунтов Pp = (0,2...0,5) Sт.стоп); Sт.стоп - стопорное значение усилия натяжения стяговых канатов; Kl(Sт.к.-Sт.о.)/Lк - коэффициент, характеризующий интенсивность приращения усилия в тяговых канатах в процессе копания от начального $S_{т_0}$ до конечного значения Sт.к. на заданном пути копания Lк; Sт.к. - конечное усилие натяжения тяговых канатов (в зависимости от категории разрабатываемых грунтов Sт.к. = (0,7...0,9)Sт.стоп); Lк - заданный путь копания (в зависимости от категории грунтов Lк = (2…5)1ков, где 1ков - длина ковша); Lков - текущее значение длины пути копания, измеряемое датчиком пути копания ДПК, механически связанного с двигателем МТ тяговой лебедки ЛТ.

В режиме автоматической коррекции сигналов управления электроприводом подъема заданное натяжение в подъемных канатах формируется блоком коррекции заданного натяжения ПК БКЗН и задатчиком ЗНПК последующей зависимости:

$$S_{п.зад.} = \begin{cases} S_{по}, \text{ при } S_т \le S_{ткор.1} \\ S_{по} + S_{п.кн.}, \text{ при } S_т > S_{ткор.1} \end{cases} \qquad (3)$$

где Sп.кн = f(Sт) = Ккн.1(Sт-Sт.кн.1) + Ккн.2(Sт-Sт.кн.2) + Ккн.3(Sт-Sт.кн.3) - величина сигнала коррекции заданного натяжения ПК; Ккн.1, Ккн.2, Ккн.3 - коэффициенты характеристики Sп.кн. = f(Sт); Sт.кн.1, Sт.кн.2, Sт.кн.3 - значения величины усиления в ТК, при которых происходит изменение характеристики Sп.кн. = :f(Sт).

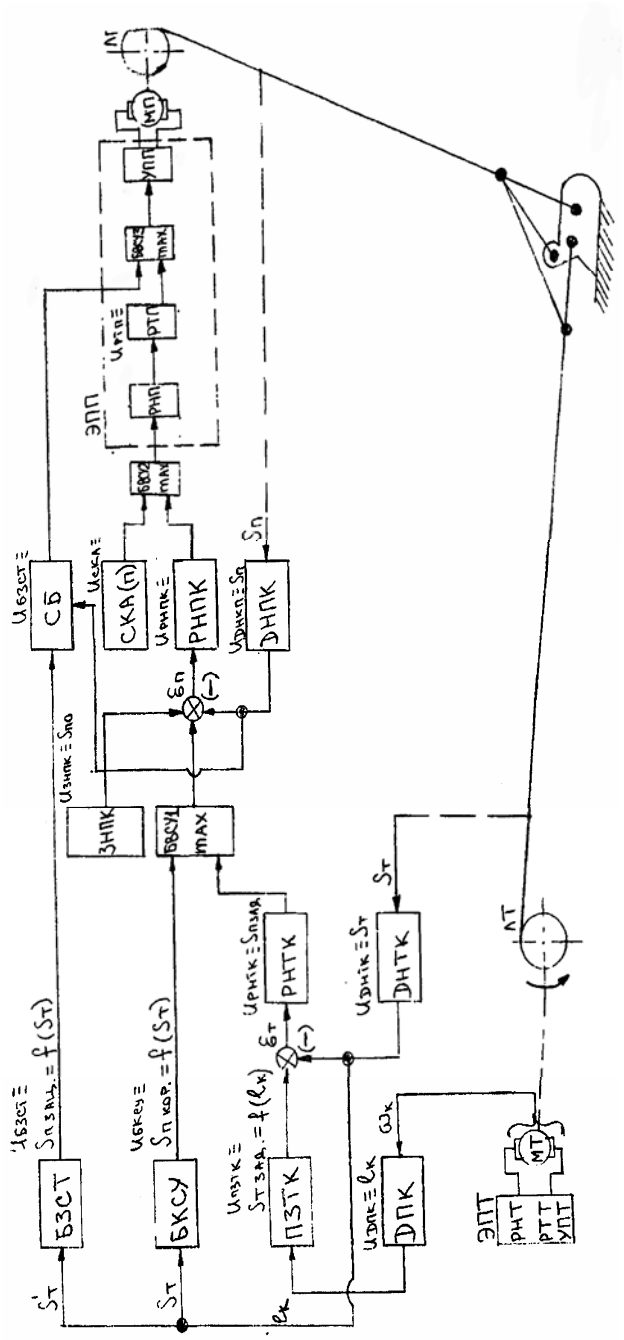
В режиме ограничения допустимых максимальных нагрузок электропривода и механизма тяговой лебедки формируется сигнал защитного натяжения подъемных канатов Sп.защ. Этот сигнал формируется блоком защиты от стопорений ковша БЗСТ в соответствии со следующим выражением:

$$S_{п.защ.} = \begin{cases} 0, \text{ при } S_т \le 0.9 S_{т.стоп} \\ (0.6\ldots0.7) S_{п.стоп}, \\ \text{при } S_т > 0.9 S_{т.стоп} \end{cases} \qquad (4)$$

АСУВ ЭПТ позволяет обеспечивать как автоматическое, так и ручное управление процессом копания.

При автоматическом управлении, после посадки ковша на поверхность забоя, производится подключение АСУВ ЭПТ к системам управления СУЭПП и СУЭПТ. Далее машинист устанавливает ручной задатчик скорости подъема РЗСП в крайнее положение «от себя», при котором его выходное напряжение $U_{РЗСП}$ принимает наибольшее отрицательное значение, что соответствует вытравливанию канатов. С помощью РЗСТ машинист задает скорость копания. При перемещении ковша по забою изменяется напряжение на выходе датчика пути копания ДПК, которое соответствует текущему значению пути копания 1_K. На основании выходных сигналов ПЗТК, ДНКТ, РННТ и ЗНПК формируется сигнал задания для РНПК, в соответствии с выражениями (1) и (2).

Блок коррекции заданного натяжения БКЗН преобразует сигнал датчика ДНКТ в сигнал коррекции заданного натяжения ПК в соответствии с выражением (3). Выходные напряжения Uрнтк и Uбкзн поступают к первому блоку выделения сигнала управления БВСУ1, который выделяет наибольшее из этих напряжений и подключает его к входу РНКП. Выделенное наибольшее из двух напряжений



Рекомендуемая функциональная схема автоматизированной системы управления взаимодействием электроприводов подъема и тяги экскаватора-драглайна в процессе копания: БЗСТ – блок защиты от стопорений ковша; БКСУ – блок коррекции сигналов управления; ПЗТК – программный задатчик натяжения тяговых канатов; ДПК – датчик пути копания; ЭПП, ЭПТ – электропривод подъема, тяги совместно со схемой управления (регуляторы, датчики, управляемые преобразователи); РНТК, ДНТК – регулятор и датчик натяжения тяговых канатов; ЗНПК, ДНПК, РНПК – задатчик, датчик и регулятор натяжения подъемных канатов; БВСУ1,БВСУ2,БВСУ3 – блоки выделения сигналов управления; СБ - согласующий блок; СКА – сельсинный командоаппарат; РНП, РТП, УПП – регулятор напряжения, тока и управляемый преобразователь привода подъема; МП, МТ – электродвигатели приводов подъема и тяги; ЛП, ЛТ – лебедки механизмов подъема и тяги

обеспечивает заданное значение напряжения ПК.

С учетом выделенного напряжения и выходных напряжений Uзнпк и Uднпк, регулятор РНКП формирует управляющее воздействие Uрнкп. Это напряжение, так же как и выходное напряжение Uрзсп, подается к второму блоку БВСУ2, который так же

выделяет наибольшее из этих напряжений и подключает его ко входу регулятора скорости подъема РСП, входящего в состав системы управления СУЭПП. При крайнем положении РЗСП «от себя» Uрнкп> Uрзсп, и поэтому управление электроприводом ЭПП будет осуществляться на основании выходного сигнала РНКП. При таком автоматическом управлении процессом копания обеспечивается равномерная отработка забоя с постоянной толщиной срезаемой ковшом стружки грунта, за счет компенсации возрастающей массы ковша по мере его заполнения, путем изменения заданного натяжения ПК в зависимости от lк и Sт.

Машинист может в любой момент вмешаться в управление процессом копания, переходя на ручное управление, если, по его мнению, автоматическое управление производится недостаточно эффективно. Для этого он переводит РЗСП в соответствующее положение и, если Uрзсп>Uрнкп, то управление процессом копания будет производиться на основании сигналов РЗСП. Если величина этих сигналов не будет обеспечивать достаточного усиления в ПК для компенсации возрастающего веса ковша по мере его наполнения, то будет происходить коррекция сигналов РЗСП. При недостаточном усилии в ПК происходит увеличение усиления в ТК. Увеличивается выходной сигнал БКЗН, возрастает Uрнпк, которое становится больше Uрзсп. Блок БВСУ2 обеспечивает подключение Uрнкп на вход СУЭПП и натяжение в ПК увеличивается, а толщина срезаемой ковшом стружки грунта уменьшается.

В случае возникновения в ТК динамических нагрузок, близких к стопорным (Sт>0,9Sт.стоп) на выходе БЗСТ появляется напряжение Uбзст, соответствующее выражению (4). Это напряжение через согласующий блок СБ (ПД – звено автоматического регулятора) БВСУЗ подключается непосредственно к входу управляемого преобразователя УПП. Это подключение производится при условии, что Uсб>Uртп, т.е. выходное напряжение СБ будет обеспечивать большее значение натяжения в ПК, чем выходное напряжение регулятора тока РТП. Под действием напряжения Uсб усилие в ПК увеличивается и ковш, приподнимаясь, обходит непреодолимое препятствие, при этом динамические нагрузки тягового механизма уменьшаются.

Для ограничения динамических нагрузок и демфирования колебаний усиления в ПК, которые могут возникнуть при регулировании их напряжения, в режиме защиты от стопорений ковша предусмотрена обратная связь по усилию, которая подключается к одному их входов СБ через нелинейный элемент НЭ типа «зона чувствительности», величина этой зоны может соответствовать усилию в ПК равной например, Sп>0,8Sп.стоп.

Таким образом, АСУВ ЭПТ позволяет повысить точность управления процессом копания, повысить интегральную производительность экскаватора -драглайна, снизить динамические нагрузки его рабочего оборудования и механизмов, что обеспечивает повышение надежности, долговечности экскаватора и снижение расходов при его эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вуль Ю.Я., Ключев В.И.* Наладка электроприводов экскаватора. Недра, 1976.
2. Авт. свид. № 1333745, Кл. Е 02F3/48, бюл. №32, 87 г.
3. Авт. свид. № 1313962, Кл. Р 02F3/48, бюл. №20, 87 г.

Коротко об авторах

Ломакин М.С. – профессор,
Ромашенков А.М. – доцент,
Самойленко А.М. – ассистент,

Московский государственный горный университет.