

И.В. Никитаев, К.А. Митин
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ И ГИДРОТРАНСФОРМАТОРА В МЕХАНИЗМЕ ПОДЪЕМА КРАНА КПЛ 16-30

Ключевые слова: частотный преобразователь, гидротрансформатор, плавучий кран, механизм подъема.

В статье идет сравнение частотного преобразователя и гидротрансформатора. Представлена характеристика обоих устройств и проведен анализ, при использовании этих устройств на плавучем кране КПЛ 16-30.

При добыче водонасыщенного материала краном КПЛ 16-30, а точнее при отрыве грейфера со дна, возникают высокие нагрузки в силовой установке крана, а так же в конструкции крана и на электропривод. Для решения данной проблемы можно использовать, в механизме подъема, частотный преобразователь или гидротрансформатор.

Поэтому цель статьи – провести сравнительный анализ применения частотного преобразователя и гидротрансформатора (которые в настоящее время используются в силовых установках различных транспортно и транспортно-технологических машин) в силовой установке плавучего крана КПЛ 16-30.

Рассмотрим механизм подъема плавучего крана КПЛ 16-30 с установкой гидротрансформатора.

Основная функция гидротрансформатора, установленного в механизме подъема – повышение эффективности работы энергетических установок плавучих кранов при подводном зачерпывании водонасыщенного материала. В диссертации Яблокова А.С. [1] идет сравнение использования энергетических установок на базе дизелей без наддува и энергетических установок с применением гидротрансформатора.

При испытании энергетических установок на базе дизелей без наддува, было установлено, что при подъеме груженого грейфера, провалы напряжений близки по величинам к изменениям частот вращения вала дизеля и составляют у кранов КПЛ 16-30 с электродвигателем МТВ 713-10 – 20–25%.

Увеличение нагрузки на дизель-генераторе не сопровождается мгновенным возрастанием движущего момента дизеля, что обусловлено переходными процессами в системе подачи топлива. Крутящий момент вращения дизеля нарастает до предельного значения в течении (0,4–0,5 сек.).

В результате обработки данных установлено, что в течение часа при обычной эксплуатации крана производится до 300–400 включений электродвигателей подъемных лебедок и продолжительность переходных процессов в энергетической установке от общего времени кранового цикла составляет (15...20 %).

Такой режим работы является не экономичным, существенно увеличивает как эксплуатационные расходы, так и капиталовложения, связанные с осуществлением подводной добычи, что и в итоге существенно сказывается на себестоимости конечного продукта. Поэтому гидротрансформатор должен выполнять роль не только демпфирующего элемента, но и осуществлять защитные свойства к узлам, деталям привода и металлоконструкции, а так же соответствовать показателям двигателя, иметь максимальное значение КПД и благоприятный характер его изменения.

Основное требование к гидротрансформатору – высокое КПД в рабочей зоне. Это требование наиболее полно можно реализовать в комплексных гидротрансформаторах (с центростремительной турбиной и симметричным расположением насосного и турбинного колес).

Кроме того, в гидротрансформаторах с центростремительной турбиной при установке в колесах реактора муфт свободного хода реализуется эффективная работа в режиме гидромукты. Отмеченное свойство обусловлено тем, что в гидротрансформаторах указанного типа выход рабочей жидкости из насосного колеса располагается на большем диаметре круга ее циркуляции.

В гидротрансформаторах этого типа можно получить как прозрачную, так и малопрозрачную характеристику. Для механизма подъема желательно иметь малопрозрачную характеристику, что достигается соответствующим выбором формы круга циркуляции и углов наклона лопаток в рабочих колесах.

Приведенный анализ требований к характеристикам и конструкции гидротрансформаторов для привода механизма подъема плавучих кранов, соответствующих условиям и нагрузкам, позволяет сделать вывод, что им наиболее соответствует гидротрансформатор комплексного типа с центростремительной турбиной.

По специальной методике [1] были сделаны расчеты основных параметров гидротрансформатора и была выбрана реальная модель.

По результатам экспериментальных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Гидротрансформатор в приводе механизма подъема автоматически при увеличении сопротивления зачерпыванию уменьшает скорость навивки каната в пределах диапазона, определенного теоретическими расчетами.

2. Нагрузка энергетической установки за цикл значительно ниже ее номинальной мощности и составляет 20–30 %.

3. Постоянное автоматическое регулирование скорости зачерпывания и отрыва грейфера позволяет применять на плавучем кране энергетическую установку меньшей мощности, что позволяет осуществить комплексную модернизацию крана.

При выборе частотного преобразователя, с последующей его установкой на механизм подъема плавучего крана КПЛ 16-30, необходимо учитывать мощность привода, номинальные ток и напряжение электродвигателя.

Работа привода на пониженной скорости

Необходимо помнить, что хотя частотный преобразователь легко обеспечивает регулирование по скорости 10:1, но при работе двигателя на низких оборотах мощности собственного вентилятора может не хватать. Необходимо следить за температурой двигателя и обеспечить принудительную вентиляцию.

Электромагнитная совместимость

Поскольку частотный преобразователь – мощный источник высокочастотных гармоник, то для подключения двигателей нужно использовать экранированный кабель минимальной длины. Прокладку такого кабеля необходимо вести на расстоянии не менее 100 мм от других кабелей. Это минимизирует наводки. Если нужно пересечь кабели, то пересечение делается под углом 90 градусов.

Питание от аварийного генератора

Плавный пуск, который обеспечивает частотный преобразователь позволяет снизить необходимую мощность генератора. Так как при таком пуске ток снижается в 4–6 раз, то в аналогичное число раз можно снизить мощность генератора. Но все равно, между генератором и приводом должен быть установлен контактор, управляемый от релейного выхода частотного привода. Это защищает частотный преобразователь от опасных перенапряжений.

Питание трехфазного преобразователя от однофазной сети

Трехфазные частотные преобразователи могут быть запитаны от однофазной сети, но при этом их выходной ток не должен превышать 50% от номинального.

Экономия электроэнергии и денег

Экономия происходит по нескольким причинам. Во-первых, за счет роста $\cos \varphi$ (коэффициент мощности, с его ростом растет и активная мощность электродвигателя) до значений 0,98, т.е. максимум мощности используется для совершения полезной работы, минимум уходит в потери. Во-вторых, близкий к этому коэффициент получается на всех режимах работы двигателя.

Без частотного преобразователя, асинхронные двигатели на малых нагрузках имеют $\cos \varphi$ 0,3–0,4. В-третьих, нет необходимости в дополнительных механических регулировках (заслонках, дросселях, вентилях, тормозах и т.д.), все делается электронным образом. При таком устройстве регулирования, экономия может достигать 50%.

Защита сети от высших гармоник

Для дополнительной защиты, кроме коротких экранированных кабелей, используются сетевые дроссели и шунтирующие конденсаторы. Дроссель, кроме того, ограничивает бросок тока при включении.

Правильный выбор класса защиты

Для безотказной работы частотного привода необходим надежный теплоотвод. Если использовать высокие классы защиты, например IP 54 и выше, то трудно или дорого добиться такого теплоотвода. Поэтому, можно использовать отдельный шкаф с высоким классом защиты, куда ставить модули с меньшим классом и осуществлять общую вентиляцию и охлаждение.

Параллельное подключение электродвигателей к одному частотному преобразователю

С целью снижения затрат, можно использовать один частотный преобразователь для управления несколькими электродвигателями. Его мощность нужно выбирать с запасом 10–15% от суммарной мощности всех электродвигателей. При этом нужно минимизировать длины моторных кабелей и очень желательно ставить моторный дроссель.

Большинство частотных преобразователей не допускают отключение или подключение двигателей с помощью контакторов во время работы частотного привода. Это производится только через команду стоп привода.

Задание функции регулирования

Для получения максимальных показателей работы электропривода, таких как: коэффициент мощности, коэффициент полезного действия, перегрузочная способность, плавность регулирования, долговечность, нужно правильно выбирать соотношение между изменением рабочей частоты и напряжения на выходе частотного преобразователя.

Функция изменения напряжения зависит от характера момента нагрузки. При постоянном моменте, напряжение на статоре электродвигателя должно регулироваться пропорционально частоте (скалярное регулирование $U/F = \text{const}$).

Преимущества использования регулируемого электропривода с частотным преобразователем

Кроме повышения КПД и энергосбережения такой электропривод позволяет получить новые качества управления. Это выражается в отказе от дополнительных механических устройств, создающих потери и снижающих надежность систем: тормозов, заслонок, дросселей, задвижек, регулирующих клапанов и т.д. Торможение, например, может быть осуществлено за счет обратного вращения электромагнитного поля в статоре электродвигателя. Меняя только функциональную зависимость между частотой и напряжением, мы получаем другой привод, не меняя ничего в механике.

Экономический анализ

1. Капиталовложения в установку гидротрансформатора

| Показатели | Значение | Доля в процентах от суммарных вложений |
|------------|----------|--|
| K_1 | 74020 | 91,21 |
| K_2 | 7130 | 8,79 |
| ΣK | 81150 | |

K_1 – капитальные вложения в основные узлы привода

K_2 – капитальные вложения на приобретение дополнительного оборудования

2. Капиталовложения в установку частотного преобразователя

| Показатели | Значение | Доля в процентах от суммарных вложений |
|------------|----------|--|
| K_1 | 175205 | 98,5 |
| K_2 | 2610 | 1,5 |
| ΣK | 177815 | |

Сравнение (+)

| Гидротрансформатор | Частотный преобразователь |
|---|--|
| Низкая стоимость | Экономия электроэнергии до 50% путем поддержания электродвигателя в режиме оптимального КПД. |
| Снижение пиковых нагрузок в канатах и механизме подъема крана | Увеличение производительности производственного оборудования. |
| Снижение затрат на топливо генератора | Снижение износа механических звеньев и продление срока службы технологического оборудования и коммутационной аппаратуры вследствие улучшения динамики работы электропривода. |
| Долгий срок службы | Снижение пиковых нагрузок в канатах и механизме подъема крана. |
| Плавность изменения крутящего момента | Малые габариты |
| Простота реализации | Широкий диапазон регулирования |
| Ограничение передаваемого крутящего момента | Возможность использования генератора меньшей мощности, меньше затраты на топливо |
| | Автоматическое торможение механизма подъема |

(-)ы

| Гидротрансформатор | Частотный преобразователь |
|---|---|
| <p>Низкий КПД Требуются дополнительное оборудование для охлаждения ГДТ Требуются система торможения механизма подъема</p> | <p>Высокая цена Воздействие на высокочувствительное оборудование Сложное управление Требуются дополнительное охлаждение для электропривода Требуются дополнительная защита от внешних факторов Долгая окупаемость</p> |

Вывод:

У обоих устройств есть один общий, и что самое главное полезный плюс для механизма подъема плавучего крана – снижение пиковых нагрузок. Сравнивая частотный преобразователь и гидротрансформатор, необходимо также отметить существенную экономию энергии генератора и как следствие экономию топлива, что непосредственно сказывается на эксплуатационных расходах на эти устройства. С технической точки зрения будет выгоднее использовать частотный преобразователь. По причине того, что во первых, частотный преобразователь имеет, в отличие от гидротрансформатора, широкий диапазон регулировок, т.е, мы можем постоянно, в зависимости о нагрузки на механизм подъема, менять настройки ЧП, что соответственно скажется на экономии энергии, и сроке службы основных агрегатов. Во вторых, частотный преобразователь имеет автоматическую систему торможения электродвигателя за счет обратного вращения электромагнитного поля статора электродвигателя. Отсюда следует, что необходимость в системе механического торможения отпадает, что приведет к увеличению КПД.

С экономической точки зрения выгоднее будет использовать гидротрансформатор, так как капитальные вложения в механизм подъема с установленным гидротрансформатором будут меньше по сравнению с частотным преобразователем.

Список литературы:

- [1] Яблоков А.С. Повышение эффективности работы энергетических установок плавучих кранов за счет применения гидротрансформаторов в механизме подъема, дисс...канд.техн.наук /Яблоков Александр Сергеевич. – Н.Новгород, 2011 г. – 150 с.
- [2] Ухин Б.В. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод / Б.В. Ухин. – М.: ИД «ФОРУМ» – ИНФРА- М, 2011. – 320с.: ил. – (Высшее образование).
- [3] Клевцов А.В. Преобразователи частоты для электропривода переменного тока/А.В. Клевцов – М.: «Гриф и Ко», 2008. – 224 с.