



Министерство образования
Республики Беларусь
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



Машиностроительный факультет

НИРС МСФ-2020

Сборник материалов

76-й студенческой научно-технической
конференции

кафедра «Машиноведение и детали машин»

Электронное научное издание

Минск 2020

УДК 082(06)
ББК 34.44я43
Н68

Составители:
Скойбеда А.Т., Николаенко В.Л.,
Путиловский В.А.

НИРС МСФ-2020. Сборник материалов 76-й студенческой научно-технической конференции / сост.: А.Т. Скойбеда, В.Л. Николаенко, В.А. Путиловский – Минск: БНТУ, 2020. – 76 с.

В сборник включены материалы докладов 76-й студенческой научно-технической конференции (секции «Детали машин», «Механика»).

*Белорусский национальный технический университет
Машиностроительный факультет
Кафедра «Машиноведение и детали машин»
Пр-т Независимости, 65, уч. корп. 1,
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: mparts@bntu.by
<http://www.bntu.by/msfptm.html>*

© М и ДМ, компьютерный дизайн, 2020
© БНТУ, 2020

Содержание

| | |
|--|----|
| ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ..... | 5 |
| Студент гр. 10601118 Ахремко А.А. | 5 |
| ПРИМЕНЕНИЕ РЕДУКТОРОВ В ВЕТРОГЕНЕРАТОРАХ Студент | |
| гр. 10602118 Борщевский А.В. | 8 |
| КОМПОЗИТНЫЕ ОПОРЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ | |
| ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ..... | 11 |
| Студент гр. 10602118 Булин М.Н..... | 11 |
| КОНТАКТНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ | |
| Студент гр. 10601218 Ваишков В.В..... | 14 |
| ПОДШИПНИКИ В ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ..... | 18 |
| Студент гр.10602218 Вауцук К.В. | 18 |
| КОЛЕКТОРНО-ЩЁТОЧНЫЙ УЗЕЛ В МАШИНАХ | |
| ПОСТОЯННОГО ТОКА..... | 21 |
| Студент гр. 10601218 Дрозд П.И..... | 21 |
| УДК 629.735 | 26 |
| ЧАСТОТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ | 26 |
| Студент гр.10602218 Жаркова Д.О. | 26 |
| ДВИГАТЕЛЬ СТИРЛИНГА | 29 |
| Студент гр.10601218 Кириченко Д.А..... | 29 |
| КОЗЛОВЫЕ, ПОЛУКОЗЛОВЫЕ И МОСТОВЫЕ КРАНЫ | |
| ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ | 32 |
| Студент гр.10601218 Лугачёв В.М. | 32 |
| УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ПТИЦ ОТ ПОРАЖЕНИЯ | |
| ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ НА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ | |
| ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ..... | 37 |
| Студент гр. 10602218 Лукашевич Д.А..... | 37 |
| ПРИМЕНЕНИЕ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ МУФТ ДЛЯ | |
| ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЕЙ..... | 41 |
| Студент гр. 106021118 Лялюк Д.С. | 41 |
| ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ..... | 45 |
| Студент гр.10601218 Нарбут А.С. | 45 |

| | |
|---|------------|
| <i>ПЬЕЗОГЕНЕРАТОРЫ. ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКИ</i> | <i>КАК</i> |
| <i>АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ</i> | <i>48</i> |
| <i>Студент гр.10602118 Пальчастая А.А.</i> | <i>48</i> |
| <i>СИСТЕМА НАТЯЖЕНИЯ ПРОВОДОВ</i> | <i>52</i> |
| <i>ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ</i> | <i>52</i> |
| <i>Студент гр.10601118 Саковец П.Д.</i> | <i>52</i> |
| <i>ТРУБЧАТЫЙ ЛЕНТОЧНЫЙ КОНВЕЙЕР</i> | <i>56</i> |
| <i>Студенты гр.10601118 Николаенко В.Л.</i> | <i>56</i> |
| <i>РАЗРУШЕНИЯ НА ОПОРАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ</i> | |
| <i>ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ</i> | <i>60</i> |
| <i>Студент гр.10602218 Щубрет Е.А.</i> | <i>60</i> |
| <i>ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ПРОФИЛЕЙ</i> | |
| <i>ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКЕ</i> | <i>65</i> |
| <i>Студент гр.10603317 Сурович П.В.</i> | <i>65</i> |
| <i>Литература</i> | <i>69</i> |
| <i>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСМИССИИ</i> | <i>70</i> |
| <i>ТЯЖЕЛЫХ МОТОЦИКЛОВ</i> | <i>70</i> |
| <i>Студенты гр. 10903416 Куземко М.М., Запартыко А.М.</i> | <i>70</i> |

ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Студент гр. 10601118 Ахремко А.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Чтобы добиться высокого КПД в тепловом двигателе, необходимо добиться высокой температуры сгорания топливной смеси, но не всегда это можно достичь. Препятствиями можно назвать не способность материалов, из которых построен двигатель (никель, сталь, керамика и прочие) выдерживать большие температуры и давление.

Максимальная скорость вращения турбинных лопаток, определяет максимальное давление, которое нужно достигнуть для получения наивысшей мощности двигателя. При этом, как правило, чем меньше двигатель, тем выше должна быть частота вращения вала, для поддержания максимальной скорости турбинных лопаток.

Газотурбинный двигатель состоит из камеры сгорания, где также установлены свечи зажигания и форсунка, для подачи топлива и получения искры в камере сгорания. Турбинное колесо со специальными лопатками установлено на одном валу с компрессором. К устройству двигателя также относятся: понижающий редуктор, теплообменник, выпускной трубопровод, впускной канал, а также диффузор и сопла.

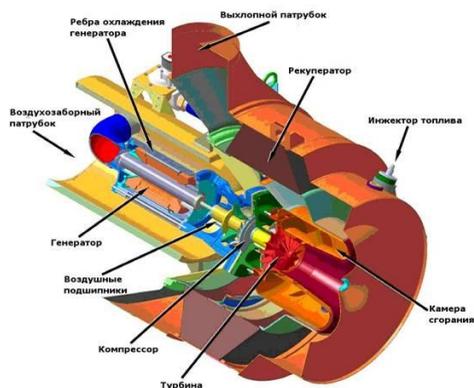


Рис.1 – Устройство ГТД

При вращении вала компрессора, его лопасти захватывают воздух, который поступает через выпускной канал. После того, как компрессор увеличивает скорость движения до 500 метров в секунду, он нагнетает его в диффузор. На выходе диффузора, скорость воздуха уменьшается, но с тем же повышается его давление. После диффузора, воздух попадает в теплообменник, где нагревается теплом обработанных газов и переходит в камеру сгорания.

Как и у любого теплового двигателя, у ГТД есть множество параметров, которые необходимо контролировать для эксплуатации двигателя в безопасных, а по возможности и экономичных режимах. Измеряются с помощью приборов контроля.

- Обороты — контролируются для оценки режима работы двигателя и недопущения опасных режимов. У многовальных двигателей, как правило, контролируются обороты всех валов.
- Температура выходящих газов (ТВГ) — температура газов за турбиной двигателя, как правило, за последней ступенью, так как температура перед турбиной слишком высока для надёжного измерения. Температура газов показывает тепловую нагрузку на турбину и измеряется с помощью термопар.

Преимущества газотурбинных двигателей:

- Очень высокое отношение мощности к весу, по сравнению с поршневым двигателем;
- Перемещение только в одном направлении, с намного меньшей вибрацией, в отличие от поршневого двигателя.
- Меньшее количество движущихся частей, чем у поршневого двигателя.
 - Низкие эксплуатационные нагрузки.
 - Высокая скорость вращения.
 - Низкая стоимость и потребление смазочного масла.
 - Низкие требования к качеству топлива. ГТД потребляют любое горючее, которое можно распылить: газ, нефтепродукты, органические вещества и пылеобразный уголь.

Недостатки газотурбинных двигателей:

- Стоимость намного выше, чем у аналогичных по размерам поршневых двигателей, поскольку материалы применяемые в турбине должны иметь высокую жаростойкость и жаропрочность, а также высокую удельную прочность.
- Как правило, имеют меньший КПД, чем поршневые двигатели, особенно при частичной нагрузке.

- Сложность работ и высокая степень очистки воздуха, который попадает в двигатель, также хорошо бьют по карма-ну, но не смотря ни на что, разработка и усовершенствование газотурбинного двигателя уже вовсю проходит как в нашей стране, так и за границей.

Литература

1. Газотурбинные установки: Атлас конструкций и схем. - М.: Машиностроение, 1976.
2. Газотурбинные установки в нефтяной и газовой промышленности/ И.П. Могильницкий и др. - М.: Недра, 1971. - 160 с.
3. Эксплуатационная надежность магистральных нефтепроводов. - М.: Недра, 1992. - 264 с.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕДУКТОРОВ В ВЕТРОГЕНЕРАТОРАХ

Студент гр. 10602118 Борщевский А.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В связи с актуальностью проблем экологии использование альтернативных источников энергии является одним из приоритетов в развитии электроэнергетики. Энергия ветра в последнее время приобретает все большую популярность. Одними из важнейших характеристик, определяющие ценность этого природного явления, представляют собой его направление и скорость.

Редукторы, применяемые для ветрогенераторов, позволяют получить существенное увеличение вращательной скорости элементов двигателя.

В ветроэнергетике еще встречаются установки без редукторного механизма, несмотря на то что современное производство предлагает большой выбор червячных, цилиндрических и других видов редукторов для ветряка. Однако их доля во всем объеме производства генераторов составляет менее 20%. Безредукторные ВЭУ предусматривают установку электромагнитного подвеса ротора. Это решает ряд проблем: износ рабочих поверхностей, вибрации, шумность, затраты энергии на трение, затраты на смазочные материалы.

В группу входят прямоприводные и гибридные модели. Последние представляют собой агрегаты, которые не имеют быстроходных генераторов, но присутствуют одно- или двухступенчатые редукторные механизмы.

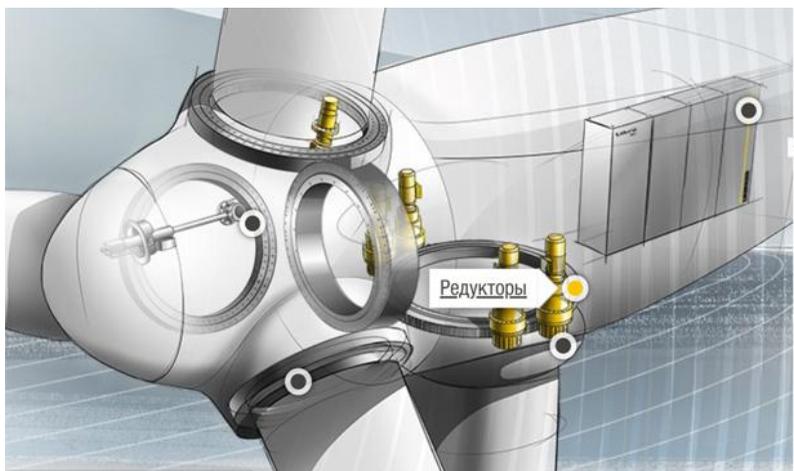


Рисунок 1-Применение редукторов в конструкции ветрогенератора

В генераторах энергии от ветра, использующие мультипликаторы (80%), могут использовать от 2 до 6 редукторов (Рис 1). Пример- пара планетарных редукторов для ветрогенератора в системах генерации энергии и изменения направления ротора установленных в гондole. Стоит отметить, что размер агрегата и тип мотора являются решающим фактором в выборе количества мультипликаторов. Мотор в устройствах ветрогенератора может быть электрическим или гидравлическим. В мощных установках часто используют червячный агрегат, установленный на входе, в паре с червячным или цилиндрическим механизмом на 2-3 ступенчатой передаче. Или 4-5 ступенчатые системы приводов сгибания, наклона.

Редукторы, применяемые в ветрогенераторах, могут отличаться по типу передачи. Цель и роль установки, которую играет механизм в ветрогенераторе, влияют на выбор оборудования.

Из-за работы редуктора в сложных условиях (трение между элементами, различные температурные условия, специфичный график пусков/остановок) техника нуждается в качественном обслуживании: смазке, периодической профилактике, соблюдении регламента работы редуктора и т.д.

Важную роль в исправной и долговечной работе редуктора играет редукторное масло, которое снижает трение между деталями

и способствует ускоренному отведению тепла из корпуса. В тоже время при этом редукторное масло подвергается постоянному воздействию неблагоприятных факторов, влияющие на его свойства, вследствие чего могут проявляться проблемы. Среди наиболее частых выделяют микропиттинг и питтинг, поломки зубьев и подшипников. Микропиттингом называют явление поверхностной усталости, которое появляется при контакте зубьев шестерен.

Он возникает в результате:

1. недостаточного количества и неравномерного слоя масла на поверхности зубьев;
2. ошибка в подбора смазочного материала;
3. наличие в масле пены;
4. периодическое изменение нагрузки.

Исходя из причин микропиттинга, можно утверждать, что своевременная замена трансмиссионного масла является хорошей мерой для обеспечения целостности и надежности работы зубчатых колес.

Литература

Применение редукторов в ветроэнергетических установках // Молодой ученый. — 2016. — №28.2. — С. 86-87. — URL <https://moluch.ru/archive/> Манакова Е. А., Гаибов И. А., Бычков И. А., Черкасова Т. А., Бубенчиков А. А. Применение 132/37229/ (дата обращения: 04.02.2020).

УДК 622.235

КОМПОЗИТНЫЕ ОПОРЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Студент гр. 10602118 Булин М.Н.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Композитные опоры воздушных линий электропередач — строительные конструкции, выполненные из армированных полимерных композиционных материалов, предназначенные для удержания проводов и грозозащитных тросов на заданном расстоянии от земли и друг от друга. В качестве основного композиционного материала выступает стеклопластик - пластический материал, состоящий из стекловолоконного наполнителя (стеклянное волокно, волокно из кварца и др.) и связующего вещества (термореактивные и термопластичные полимеры)). Опоры из композиционных материалов - это сравнительно новый тип строительных конструкций, начавший получать распространение при сооружении линий электропередач в США и Канаде в 2000-х — 2010-х года. В Беларуси в опытной эксплуатации с 2009 года. За рубежом композитные опоры применяются для сетей наружного освещения, а также распределительных сетей низкого, среднего и высокого напряжения. Опоры, как правило, выполнены из стеклопластика. Технология производства обеспечивает конструкциям определенную прочность и стойкость к внешним воздействиям. На линиях высокого напряжения композитные опоры еще не нашли широкого применения и используются достаточно ограничено. В Норвегии на ВЛ 132 кВ использованы композитные опоры канадского производства, основой которых являются стеклопластиковые стойки RStandard. Легкие, быстромонтируемые композитные конструкции позволили норвежской электросетевой компании в короткие сроки заменить несколько деревянных изношенных опор. Реконструкция подвергнуто около 2 километров воздушной линии. В итоге было смонтировано 6 композитных и 3 металлические опоры. В сумме это на 25% меньше, чем в исходном варианте. По результатам проекта сделаны выводы об эффективности использования опор на напряжение 132 кВ и

рассмотрена возможность их применения в труднодоступной горной местности с суровыми климатическими условиями.

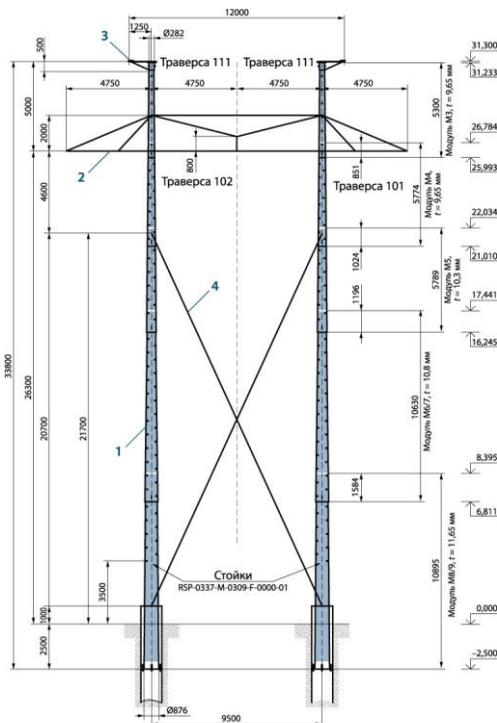


Рис. 1 Эскиз промежуточной опоры PIRS, выполненной на композитных стойках RStandard.

Высокая скорость монтажа во многом обеспечена модульной конструкцией стоек и их малым весом. Для установки композитной опоры RStandard не требуется сложная техника.

В настоящий момент рентабельность сооружения ВЛ высокого и тем более сверхвысокого напряжения на композитных опорах пока остается под вопросом. Наиболее рациональным шагом стало бы создание ремонтных опор аварийного резерва из композитных материалов. В рамках такой работы можно будет изучить особенности линий с композитными опорами и найти новые способы оптимизации конструкций.

Традиционно все расчеты опор выполняются, исходя из условия использования электропроводящих материалов, что определяет требования к габаритам и к ограничению воздействующих нагрузок. Для эффективного применения композитных опор на ВЛ 110–750 кВ существующих сегодня решений может оказаться недостаточно. Вероятно, удастся использовать не только массогабаритные, но и электрофизические преимущества композитных материалов и создать полностью изоляционные опоры.

Литература

1. Общие сведения о композитных опорах [Информационный ресурс] / Wikipedia, Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>, Дата доступа: 20.03.2020
2. Композитные опоры ВЛЭП [Информационный ресурс] / Режим доступа: <https://www.altik.ru/katalogi-i-prezentatsii/produktsiya-dlya-elektroenergetiki/kompozitnye-opory-vozdushnykh-linij-elektroperedach.html>, Дата доступа: 29.03.2020

КОНТАКТНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ

Студент гр. 10601218 Вашков В.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Токосоведущая часть – электропроводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением. Различные элементы электрической цепи соединяются между собой и присоединяются к источникам или потребителям электроэнергии с помощью электрических контактных соединений (КС).

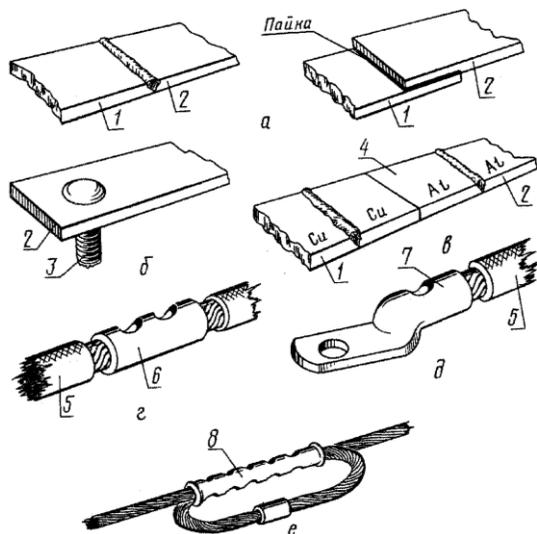
Электрический контакт – соприкосновение тел, обеспечивающее непрерывность электрической цепи. Контактное соединение – конструктивный узел, образующий не размыкаемый контакт.

Возросшая сложность электроустановок, многообразие условий их работы и требований, предъявляемых к ним, привели к появлению ряда разновидностей контактных соединений.

Электрический контакт между проводниками осуществляется при нажатии одного токосоведущего элемента на другой с помощью: болтов, винтов, сжимов, специальных пружин, заклепок, совместной деформации (прессовки, скрутки), а также сваркой, пайкой или адгезионным сцеплением – склеиванием.

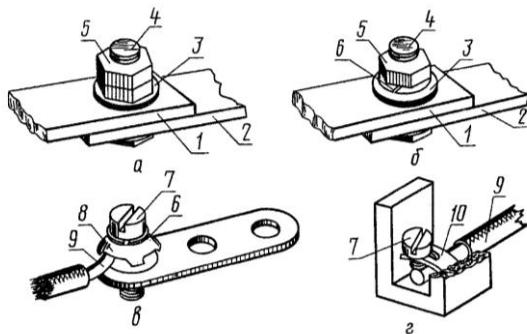
Существуют три группы контактных соединений:

- неразборные (рисунок 1.1);
- разборные (рисунок 1.2);
- разъемные.



а – сварка; б – сварка со штыревым выводом; в – сварка через пластину; г – соединение проводов через гильзу опрессовкой; д – соединение провода с кабельным наконечником опрессовкой; е – соединение проводов в овальных соединителях

Рисунок 1.1 – Неразборные контактные соединения



а – с контргайкой; б – с пружинной шайбой; в – одно проволочная (многопроволочная) жила; г – однопроволочная (многопроволочная) жила провода

Рисунок 1.2 – Разборные контактные соединения

Характеристики и параметры контактных соединений должны соответствовать стандартам, техническим условиям, нормам и требованиям надежности и выполняться в строгом соответствии с технологическими инструкциями. Наряду с этим необходимо, чтобы конструкция и технология выполнения соединений исключали возможные ошибки электромонтажного и ремонтного персонала.

Сопротивление контактного соединения после его изготовления не должно быть больше сопротивления эквивалентного участка целого проводника. В тех случаях, когда контактное соединение образовано проводниками из разных материалов, его сопротивление должно сравниваться с сопротивлением эквивалентного участка проводника, имеющего меньшую проводимость.

В процессе эксплуатации сопротивление контактного соединения не должно быть выше 1,8 значения сопротивления целой жилы.

Контактные поверхности содержат микровыступы, образующие контакт в начальный момент соприкосновения; по мере увеличения давления происходит пластическая деформация микровыступов, при этом увеличивается площадь соприкосновения.

Под воздействием окружающей среды поверхности всех металлов покрывается окисными пленками, медь покрывается видимой пленкой окисления, плохо проводящей ток. Олово также покрывается тонкой окисной пленкой, легко разрушаемой при сжатии контакта, поэтому по условиям технологии монтажа медные контакты обычно предварительно лудят. Особенностью предварительно очищенной поверхности алюминия является то, что на воздухе она в течение нескольких секунд покрывается тонкой, твердой и тугоплавкой окисной пленкой с высоким электрическим сопротивлением. Температура плавления алюминия около 570 °С, а его окисной пленки – около 2000 °С.

Низкий предел текучести является еще одной особенностью алюминия. Сильно затянутое болтами контактное соединение алюминиевых поверхностей со временем ослабевает; алюминий под воздействием большого давления вытесняется из зоны высокого давления в зону с меньшим давлением. При контактном соединении с медью алюминий образует гальваническую пару, являясь в ней отрицательным электродом; в месте контакта возникает

электрохимический процесс, в результате чего алюминий разрушается.

Для предохранения контактной поверхности от быстрого окисления применяют защитную смазку, электрический контакт алюминиевых поверхностей зачищают наждачной шкуркой или металлической щеткой под тонким слоем кварцевой или цинково-вазелиновой пасты. Кварцевый песок и цинк разрушают окисную пленку, а вазелин предохраняет контактную поверхность от повторного окисления. Хотя защитная смазка увеличивает переходное сопротивление контакта, но при нажатии на контакт и пластической деформации микровыступов смазка выдавливается в соседние зоны; при тонком слое смазки практически ухудшения контактов не происходит.

В процессе эксплуатации контактные соединения подвергаются воздействию температуры от нагрева токопроводящих проводов, кабелей и шин; вибрациям, обусловленным работой оборудования; влиянию влаги, газов, паров щелочей и кислот окружающей среды. При коротких замыканиях в сети кратковременный нагрев токопроводящих проводов, кабелей, шин регламентируется: до 150 °С для резиновой и полихлорвиниловой изоляции, до 200 °С для бумажной изоляции. В силу перечисленных особенностей контактных соединений, в целях получения их надежного электрического контакта необходимо соблюдать технологию, отвечающую соответствующим стандартам.

Литература

1 ГОСТ Р 50669-94. Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования. –Минск: издательство стандартов, 1999.

2 Свободная энциклопедия «Студопедия» [Электронный ресурс]. – Ре-жим доступа: <https://studopedia.org>. – Дата доступа: 18.11.2018.

ПОДШИПНИКИ В ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

Студент гр.10602218 Ващук К.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В 21 веке электродвигатели становятся все более и более эффективными, но и требования к ним соответственно ужесточаются. Каждому, кто следует нормативам, известно, что важно иметь в виду качество и надежность всех комплектующих электродвигателя, особенно касаемо подшипников. Конструктивные особенности подшипников сильно влияют на то, насколько надежно работает двигатель, как быстро он изнашивается, и высока ли его производительность.

Подшипник — один из главных узлов любого электродвигателя, ведь именно через него давит на корпус и передает ему нагрузки вал ротора. И только благодаря подшипникам существует ровный и правильный постоянный воздушный зазор между статором и ротором во время работы двигателя под нагрузкой.

По этой причине очень важно правильно выбрать подшипники: они должны быть подходящего размера, типа и исполнения, чтобы обеспечить наивысший из возможных КПД путем сведения к минимуму потерь на трение.

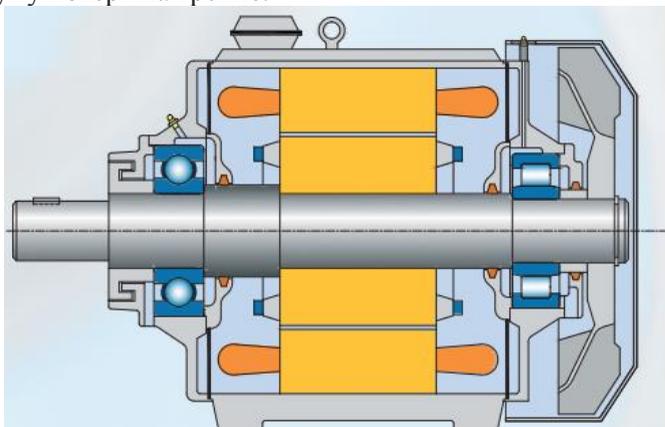


Рис.1 Схема электродвигателя

Для маломощных двигателей это может быть и так. Но для любых двигателей справедливым будет утверждение, что лучше сразу установить хорошие подшипники наиболее подходящего типа и по возможности достаточно высокого качества, которые смогут выдержать все рабочие нагрузки в обычных для данного двигателя рабочих условиях. В последние годы сферу разработки и производства подшипников прогресс не обошел стороной. Особенно заметны успехи в прецизионной обработке подшипниковых материалов и технологии производства подшипников, а также в направлении смазки: дорожки качения на кольцах, ролики и шарики имеют сегодня лучшие поверхности, что приводит к снижению трения и соответственно шума и к уменьшению энергетических потерь.

Лучшие смазки делают подшипники по-настоящему долговечными, а двигатели — более надежными и стойкими к преждевременному износу. Яркий пример — тяговые двигатели новейших скоростных электропоездов.

Электропоезда последнего поколения по своей сути обуславливают высокие требования к качеству и надежности тяговых электродвигателей переменного тока. И новейшие подшипники проявляют себя здесь исключительно.

Тяжелые условия работы, значительные ударные и радиальные нагрузки при высочайшей скорости вращения вала. Поезда движутся с большой скоростью, обслуживание производится редко. Налицо факт высокого качества современных подшипников. В основном и не только при посадке в электродвигателях, подшипники качения требуют при эксплуатации незначительное обслуживание. Обслуживание заключается в правильном смазывании, выборе способа смазывания и количестве используемой смазки, проверке функциональности системы смазывания и уплотнения. У особенно нагруженного оборудования состояние подшипников контролируется и оценивается методом неразборной диагностики при помощи переносных или стационарных измерительных приборов.

При выборе подшипников для укладки электромоторов необходимо обращать внимание на правильный выбор типа, размера и особенно конструктивного изготовления подшипников. Подшипники качения относятся к наиболее важным частям

оборудования. В разном оборудовании и станках работают практически без обслуживания много лет. Однако это можно достигнуть только тогда, когда по возможности исключены все причины имеющие влияние на снижение долговечности подшипников. Также как и у другого оборудования у подшипников качения может произойти преждевременное повреждение и неисправность установки. Необходимо различать долговечность подшипника, которая вызвана усталостью вследствие влияния нагрузки при вращении, и срок службы подшипника, который устанавливает период эксплуатационной способности подшипника. Динамическая усталость зависит от нагрузки, частоты оборотов, базовой динамической несущей способности подшипника и проявляется отслоением на поверхности функциональных площадей. Долговечность подшипника зависит от, например, неправильной сборки подшипника, производственных ошибок при изготовлении присоединительных деталей, неквалифицированного обращения с подшипниками качения, нечистот, проникших в пространство подшипника, неподходящей смазки или недостаточным смазыванием и др.

Начальное повреждение подшипника проявляется на ходе подшипника, а именно увеличением температур или шумом и вибрациями. Если возникнут на подшипниках качения повреждения или другие недостатки, важно установить причину повреждения, что бы было возможно принять необходимые меры, которые предотвратят их повторение.

Литература

1. Опоры качения в машинах. Пинегин С. В. М: Издательство АН СССР, 1961., 150 с.
2. Расчет и выбор подшипников качения. Спицын Н. А. Справочник. М., «Машиностроение», 1974. 56 с. с ил.
3. Подшипники сухого трения. Воронков Б. Д. — 2-е изд., перераб. и доп.— Л.; Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979.— 224 с, ил

УДК 621.81

КОЛЕКТОРНО-ЩЁТОЧНЫЙ УЗЕЛ В МАШИНАХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Студент гр. 10601218 Дрозд П.И.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Повышение технико-эксплуатационных характеристик машин постоянного тока (МПТ) ограничивается в большей степени надежностью работы коллекторно-щеточного узла (КЩУ). Коммутационная устойчивость МПТ в значительной мере определяется электромеханическими факторами, связанными с работой коллекторно-щеточного узла (КЩУ).

Одна из причин неудовлетворительной коммутации — нестабильность скользящего контакта, приводящая в том числе к отрыву щеток и, следовательно, к искрообразованию даже при малых частотах вращения. В связи с этим актуальной является задача по определению воздействия профиля коллектора на устойчивость работы контакта «щетка — коллектор».

1 Оценка влияния профиля коллектора машины постоянного тока на работу скользящего контакта

1.1 Конструкция КЩУ

Наиболее распространенные конструкции КЩУ включают в себя следующие элементы: щетку, опирающуюся на поверхность коллектора, корпус щеткодержателя и рычаг с нажимной пружиной.

Особенностью работы КЩУ как механической системы является тот факт, что, за счет вращения коллектора и силы нажатия щетки на него, на щетку действует сила трения, направленная в сторону вращения коллектора по касательной к его поверхности.

При составлении схемы и дифференциальных уравнений были приняты следующие допущения:

- угловая скорость коллектора считается постоянной.
- силы взаимодействия щетки со стенками щеткодержателя и поверхностью коллектора считаются упругими.

– вязкими силами в точках контакта щетки с боковыми стенками щеткодержателя и поверхностью коллектора пренебрегаем ввиду малых величин скорости перемещения щетки.

– воздействие пружины на щетку осуществляется через рычаг щеткодержателя.

– силы трения между щеткой и другими элементами пропорциональны нормальному давлению (линейные).

– щетка является абсолютно твердым телом, деформация щетки отсутствует.

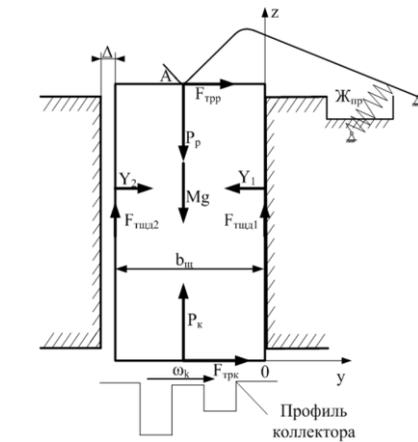


Рис.1.1 – Расчётная схема коллекторно-щёточного узла

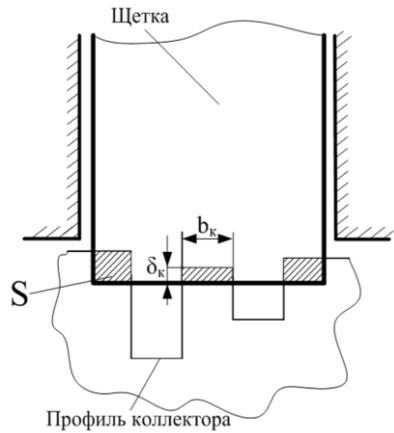


Рис. 1.2 – Контакт щётки с поверхностью коллектора

1.2 Расчёт перемещения КЩУ

Для оценки расчета перемещений щетки в щеткодержателе (с учетом сил, действующих на щетку) при вращении коллектора составим и запишем систему дифференциальных уравнений движения щетки в виде

$$M\dot{z} + F_{тц\phi 1} + F_{тц\phi 2} - P_h - Mg + P_K = 0,$$

$$M\ddot{y} + F_{трp} + F_{трк} - Y_1 + Y_2 = 0$$

где $z(t)$ – обобщенная координата щетки по вертикальной оси (соответствует координате правого края щетки);

$y(t)$ – обобщенная координата щетки по горизонтальной оси (соответствует координате нижнего края щетки);

M – масса щетки с учётом массы рычага щёткодержателя;

ω – угловая скорость якоря электродвигателя, рад/с;

P_k – упругая сила в контакте щетки и коллекторной пластины;

P_p – вертикальная сила нажатия на щётку в точке А;

$F_{\text{трр}} = f_{\text{шд}} \cdot P_p \cdot \text{sign}(\dot{y})$ – сила трения между щёткой и коллекторной пластиной;

f_k – коэффициент сухого трения скольжения между поверхностью контакта щетки и коллекторной пластиной;

$F_{\text{тшд1}} = f_{\text{шд}} \cdot Y_1 \cdot \text{sign}(\dot{z})$; $F_{\text{тшд2}} = f_{\text{шд}} \cdot Y_2 \cdot \text{sign}(\dot{z})$; – сила трения между щёткой и стенками щёткодержателя;

$f_{\text{шд}}$ – коэффициент сухого трения скольжения между поверхностью контакта щетки и боковыми стенками щёткодержателя;

Y_1, Y_2 – горизонтальные упругие силы в точках контакта щетки с боковыми стенками щёткодержателя, пропорциональные упругой деформации;

Mg – сила тяжести, действующая на щётку.

Контакт щетки в зависимости от щеточного перекрытия возможен одновременно с несколькими коллекторными пластинами (рис. 1.2). Поэтому механическое воздействие со стороны коллектора на щётку передается от каждой коллекторной пластины. Таким образом, упругую силу воздействия со стороны коллектора на щётку можно определить следующим образом:

$$P_k = \sum_n^{n+\gamma} S_i c_k$$

где $S_i = \sum_n^{n+\gamma} b_{ki} \delta_{ki}$ – проекция объема деформируемого материала коллектора на вертикальную плоскость;

b_{ki} – ширина перекрытия щеткой i -й пластины коллектора;

$\delta_{ki} = (\eta_i(t) - z(t))$ – величина линейной деформации i -й пластины коллектора, находящейся под щёткой;

$\eta_i(t)$ – высота i -й пластины коллектора;

n – номер пластины, контактирующей со сбегающим краем щетки;

γ – величина щеточного перекрытия, округленная в большую сторону до целого числа;

C_k – коэффициент упругости материала коллектора.

В результате решения системы дифференциальных уравнений (1) численным методом Рунге — Кутта с использованием математического программного пакета Mathcad 14 получены следующие результаты по горизонтальному и вертикальному перемещению щетки при движении ее по коллектору, приведенные на рис. 1.3.

На рис. 1.4 приведены фрагменты графика движения щетки по одному участку коллектора и упругие силы в зоне контакта «щетка – коллектор» при различных скоростях вращения двигателя.

На графике радиальных перемещений можно выделить две зоны, на участке от точки К до точки L происходит отрыв щетки от поверхности коллектора ($P_k=0$), а на участке LM щетка прижата к коллектору.

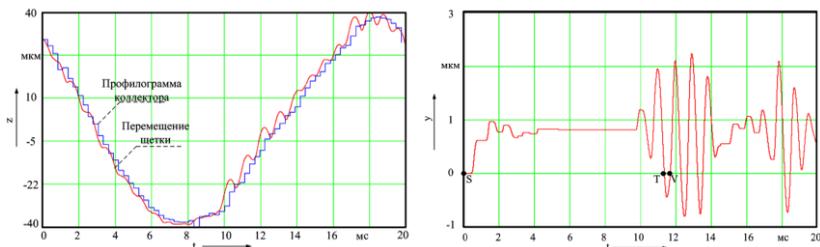


Рис. 1.3 – Перемещение щётки при движении ее по коллектору:
а – радиальное перемещение; б – тангенциальное перемещение щётки

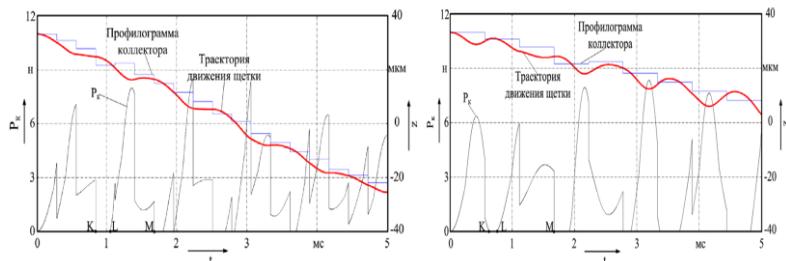


Рис. 1.4 – Фрагменты графика движения щётки по одному участку коллектора и упругие силы в зоне контакта «щетка–коллектор» при скорости вращения двигателя: а – 3000 об/мин; б – 1500 об/мин

Радиальные колебания щетки приводят к изменению силы упругого контакта P_k' , вследствие чего происходит изменение падения напряжения под щеткой, а следовательно, и нарушение оптимальных условий коммутации. Тангенциальные же колебания, в свою очередь, приводят к изменению периода коммутации секций якорной обмотки, что также обуславливает появление неидентичности коммутационных циклов.

Анализ полученных данных показывает, что воздействие профиля коллектора в значительной мере влияет на состояние коммутации МПТ, а, следовательно, и на износ элементов КЩУ. В работе [6] приводится алгоритм по определению износа элементов КЩУ, где автор учитывает механическое воздействие на щетку со стороны коллектора путем введения, соответствующего виброускорения в алгоритм прогнозирования износа.

Представленная математическая модель может быть использована для определения виброускорения щетки, обусловленного воздействием со стороны коллектора, и, таким образом, для прогнозирования ресурса работы щеток с учетом режимов работы двигателя.

Литература

1. Авилов, В. Д. Методика нормирования качества коммутации в тяговых электрических машинах / В. Д. Авилов, Ш. К. Исмаилов // Известия Транссиба. – 2012. – № 2 (10). – С. 2–6. 2.
2. Харламов, В. В. Совершенствование технологии диагностирования технического состояния коллекторно-щеточного узла тяговых электродвигателей электровазов : моногр. / В. В. Харламов, Д. А. Ахунов, А. В. Долгова. – Омск, 2015. – 233 с.
3. Ахунов, Д. А. Совершенствование методов оценки технического состояния коллектора электрических машин постоянного тока : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.01 / Ахунов Данил Асгатович. – Омск, 2013. – 133 с.
4. Харламов, В. В. Диагностирование состояния коммутации коллекторных электродвигателей с использованием прибора ПКК-5М / В. В. Харламов, П. К. Шкодун, А. П. Афонин // Известия Транссиба. – 2013. – № 1 (13). – С. 42–48. УДК 629.735

ЧАСТОТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Студент гр.10602218 Жаркова Д.О.

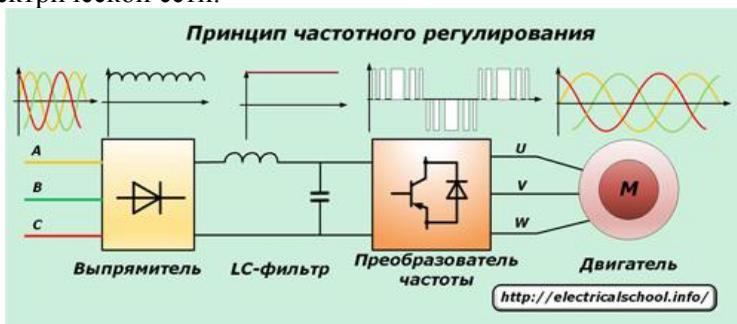
*Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Сегодня проблеме энергосбережения по всему миру и в том числе в Беларуси уделяется много внимания. На сегодняшний момент основные усилия по экономии электроэнергии сосредоточены в области потребления энергии - на промышленных объектах и объектах инфраструктуры. Но стоит обратить внимание и на этап производства электроэнергии, а именно на объекты собственных нужд электростанций. На самом деле, в их работе кроется большой потенциал энергосбережения.

Преобразователи частоты

Преобразователи частоты позволяют регулировать скорость вращения электродвигателя за счет изменения входной частоты. Рабочие механизмы не так часто работают при полной нагрузке двигателя, зачастую на выходе насоса или вентилятора устанавливаются заслонки или шиберы для уменьшения расхода воды или воздуха.

В основу этого устройства, которое еще называют инвертором, заложено двойное изменение формы сигнала питающей электрической сети.



Вначале промышленное напряжение подается на силовой выпрямительный блок с мощными диодами, которые убирают синусоидальные гармоники, но оставляют пульсации сигнала. Для их ликвидации предусмотрена батарея конденсаторов с

индуктивностью (LC-фильтр), обеспечивающая стабильную, сглаженную форму выпрямленному напряжению.

Затем сигнал поступает на вход преобразователя частоты, который представляет собой мостовую трехфазную схему из шести силовых транзисторов серии IGBT или MOSFET с диодами защиты от пробоя напряжений обратной полярности. Используемые ранее для этих целей тиристоры не обладают достаточным быстродействием и работают с большими помехами.

Для включения режима «торможения» двигателя в схему может быть установлен управляемый транзистор с мощным резистором, рассеивающим энергию. Такой прием позволяет убирать генерируемое двигателем напряжение для защиты конденсаторов фильтра от перезарядки и выхода из строя.

Применение преобразователей частоты

Применение преобразователей частоты для управления электродвигателями насосов позволяет добиться экономии электроэнергии, увеличения срока службы оборудования и других положительных эффектов.

Использование частотного привода позволяет экономить значительные объемы (более 30%) электроэнергии за счет регулирования скорости электродвигателя. Помимо экономии электроэнергии за счет снижения давления в системе уменьшаются утечки воды, а, следовательно, экономится перекачиваемая жидкость, до 10%.



Рис.1 Преобразователи частоты

Преобразователи частоты позволяют избежать повреждения двигателей, так как за их счет осуществляется плавный пуск и отсутствуют прямые пуски с 6-7 кратными пусковыми токами.

Гибкое управление за счет простоты перенастройки параметров технологического цикла (изменение скорости). Встроенные в преобразователи частоты функции позволяют реализовывать сложные задачи автоматического управления без дополнительных внешних устройств.

Преобразователь частоты имеет ряд встроенных защитных функций для работы с насосами – обнаружение утечек, защита от сухого хода и др. Данные защитные функции увеличивают срок службы насосов и повышают надежность их работы, исключая возможные аварийные остановы.

Литература

1. Преобразователи частоты для электропривода переменного тока. Клевцов А. В. Издательство: Гриф и Ко, 2008
2. Полупроводниковые преобразователи частоты (Основы теории и расчета). Мовшович М. Е. Издательство: Энергия, 1974

ДВИГАТЕЛЬ СТИРЛИНГА

Студент гр.10601218 Кириченко Д.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В 1816 году шотландец Роберт Стирлинг изобрел двигатель с внешним подводом теплоты. Широкого распространения изобретение в то время не получило – слишком сложной была конструкция по сравнению с паровой машиной и появившимися позже двигателями внутреннего сгорания (ДВС).

Двигатель Стирлинга – тепловая машина, в которой рабочее тело, в виде газа или жидкости, движется в замкнутом объеме, разновидность двигателя внешнего сгорания. Основан на периодическом нагреве и охлаждении рабочего тела, с извлечением энергии из возникающего при этом изменения давления. Может работать не только от сжигания топлива, но и от любого источника тепла.

Основной принцип работы двигателя Стирлинга заключается в постоянно чередуемых нагревании и охлаждении рабочего тела в закрытом цилиндре. Обычно в роли рабочего тела выступает воздух, но также используются водород и гелий. В ряде опытных образцов испытывались фреоны, двуокись азота, сжиженный пропан-бутан и вода. В последнем случае вода остаётся в жидком состоянии на всех участках термодинамического цикла. Особенности «стирлинга» с жидким рабочим телом являются малые размеры, высокая удельная мощность и большие рабочие давления. Существует также «стирлинг» с двухфазным рабочим телом. Он тоже характеризуется высокой удельной мощностью, высоким рабочим давлением.

Из термодинамики известно, что давление, температура и объём идеального газа взаимосвязаны и следуют закону $PV = nRT$, где:

- p – давление газа;
- V – объём газа;
- n – количество газа;
- R – универсальная газовая постоянная;
- T – температура газа в кельвинах.

Это означает, что при нагревании газа его объём увеличивается, а при охлаждении – уменьшается. При нагревании газ совершает работу (например, толкает поршень) и охлаждается. Сжать охлажденный газ проще, чем удержать расширяющийся горячий (на сжатие холодного газа «расходуется» меньше работы, чем высвобождается работы при нагревании и расширении того же самого газа). Это свойство газов и лежит в основе работы двигателя Стирлинга.

Двигатель Стирлинга использует цикл Стирлинга, который по термодинамической эффективности не уступает циклу Карно, и даже обладает преимуществом. Дело в том, что цикл Карно состоит из мало отличающихся между собой изотерм и адиабат. Практическое воплощение этого цикла малоперспективно. Цикл Стирлинга позволил получить работающий на практике двигатель в приемлемых размерах.

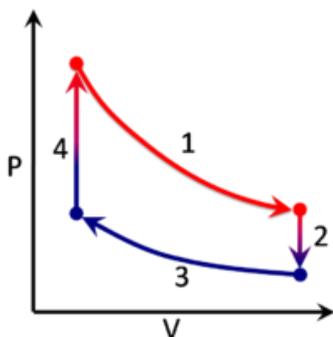


Рис. 1 – Диаграмма «давление-объём» идеализированного цикла Стирлинга

Цикл Стирлинга состоит из четырёх фаз и разделён двумя переходными фазами: нагрев, расширение, переход к источнику холода, охлаждение, сжатие и переход к источнику тепла. Таким образом, при переходе от тёплого источника к холодному источнику происходит расширение и сжатие газа, находящегося в цилиндре.

Нагрев и охлаждение рабочего тела (участки 4 и 2) производится вытеснителем. В идеале количество тепла, отдаваемое и отбираемое вытеснителем, одинаково. Полезная работа производится только за счёт изотерм, то есть зависит от разницы температур нагревателя и охладителя, как в цикле Карно.

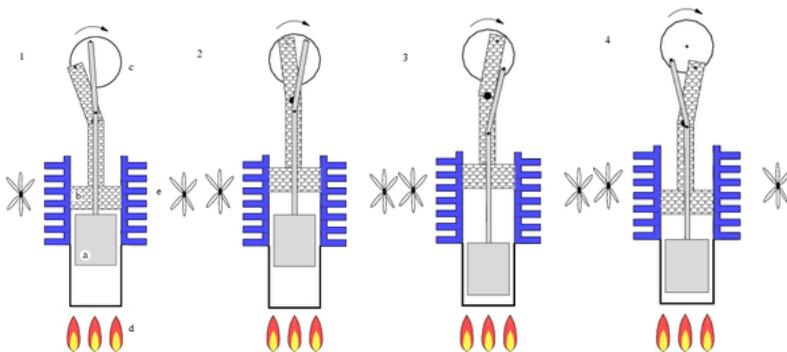


Рис. 2 – Этапы двигателя Стирлинга β -типа

Рабочий цикл двигателя Стирлинга β -типа:

1. Внешний источник тепла нагревает газ в нижней части теплообменного цилиндра. Создаваемое давление толкает рабочий поршень вверх.

2. Маховик толкает вытеснительный поршень вниз, тем самым перемещая разогретый воздух из нижней части в охлаждающую камеру.

3. Воздух остывает и сжимается, рабочий поршень опускается вниз.

4. Вытеснительный поршень поднимается вверх, тем самым перемещая охлаждённый воздух в нижнюю часть.

В машине Стирлинга движение рабочего поршня сдвинуто на 90° относительно движения поршня-вытеснителя. В зависимости от знака этого сдвига машина может быть двигателем или тепловым насосом. При сдвиге 0° машина не производит никакой полезной работы.

Литература

Васильев, Г.П. Руководство по применению насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии // Правительство Москвы Москомархитектура, ГУП «НИАЦ», 2001. – 66с.

УДК 624.042

КОЗЛОВЫЕ, ПОЛУКОЗЛОВЫЕ И МОСТОВЫЕ КРАНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Студент гр.10601218 Лугачёв В.М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Электрические станции являются сложными техническими объектами, их сооружение и эксплуатация сопряжены с выполнением большого количества сложных технологических операций. В силу того, что турбины, генераторы, вспомогательное оборудование машинных залов имеют большой вес любые операции, связанные с их установкой и ремонтом, требуют применения специальной грузоподъёмной техники. В данной статье будут рассмотрены основные типы кранов, применяемых при строительстве и эксплуатации электрических станций, их характеристики, режимы работы, схемы установки и возможности применения.

Основными типами кранов, применяемыми при строительстве и эксплуатации электрических станций, являются: козловые, мостовые, стреловые краны.

Козловые и полукозловые краны.

У этих кранов горизонтальное пролётное строение опирается на две опоры, перемещение происходит по наземному рельсовому пути. Краны, у которых пролётное строение одной стороной опирается на ногу, а второй непосредственно на ходовые тележке, называются полукозловыми. В этом случае рельсы располагаются на разном уровне: одна наземля, а вторая на специальной эстакаде или колоннах здания.

По схеме строения козловые мосты бывают: двухблочные и одноблочные Пролётные балки двухбалочных мостов по своей конструкции сходны с балками мостовых кранов. Козловые краны с электроталями грузоподъёмностью 8...12,5 т. и пролётом до 20...25 м. обычно выполняют с трубчатым или коробчатым мостом, иногда усиливаемым шпренгельной системой, а с грузоподъёмностью 12,5...32 т. и пролётом 25...32 м. в основном, изготавливают с решетчатой металлоконструкцией.

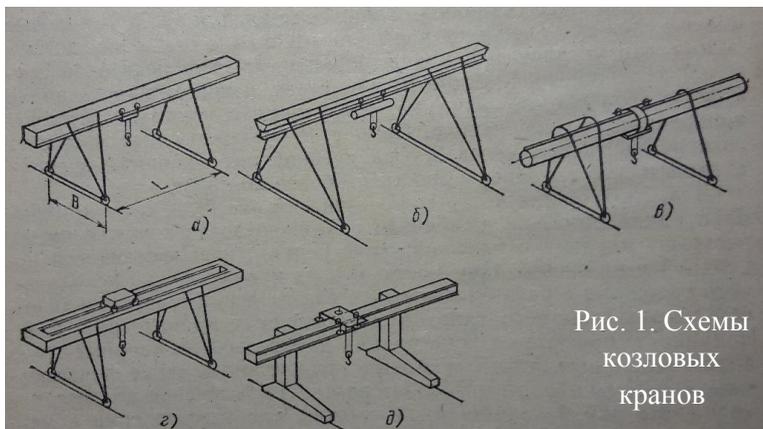


Рис. 1. Схемы
козловых
кранов

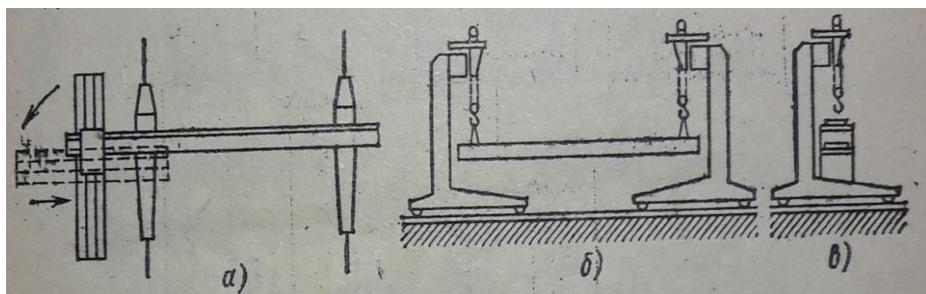


Рис. 2. Схема использования с одностоечными опорами

Козловые краны могут изготавливаться с одной или двумя консолями и без них. Привод механизмов подъёма груза и передвижения тележки может быть установлен непосредственно на грузовой тележке (самоходные тележки) или стационарно на мосту (тележки с канатной тягой). Однобалочные краны могут иметь двухрельсовые (рис. 1, а) и монорельсовые (рис. 1, б) подвесные тележки.

Двухрельсовые грузовые тележки имеют сложную конструкцию ходовой части, усложняются узлы примыкания стоек к мосту. Эти недостатки устранены в кранах с монорельсовой подвеской грузовой тележки, однако они менее износостойкие и подвержены поперечному раскачиванию, поэтому такие краны выпускают для ограниченной интенсивности эксплуатации и грузоподъёмности не более 20...32 т. В кранах, схема которых представлена на рисунке 1, в тележка имеет несущую каретку и удерживающие ролики,

перемещающиеся по верхним и нижним балкам моста. В этих схемах можно использовать простые в изготовлении и надёжные в работе тележки с ходовой частью опорного типа. В двухблочных кранах (рис. 1, д) применяют простые по конструкции двухрельсовые опорные грузовые тележки типовых мостовых кранов; размещение подвески между балками моста позволяет уменьшить высоту крана на 10...15%, однако такие краны более металлоёмки и сложны в изготовлении.

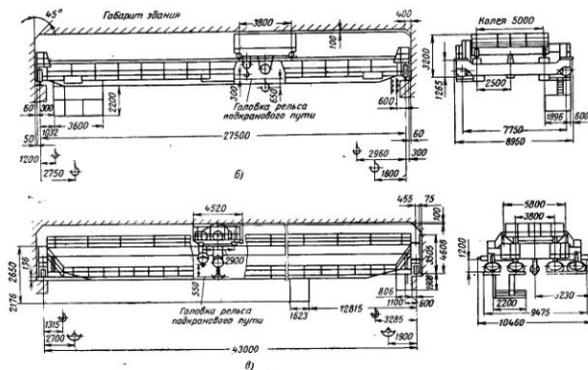
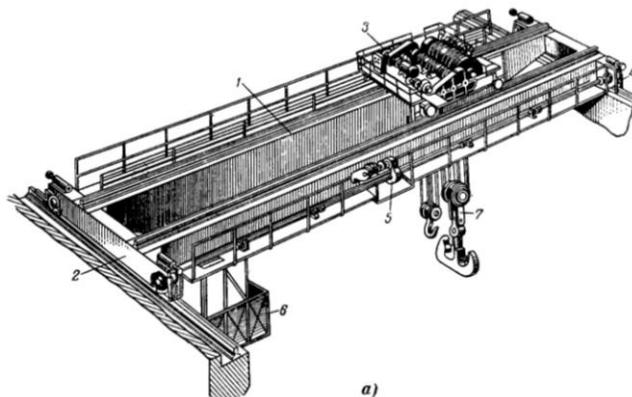
Краны с одностоечными опорами (рис. 1, г) позволяют транспортировать грузы значительной длины из-пол консолей в пролёт с разворотом на 90° около стоек опор (рис. 2, а), перемещать длинномерные и крупногабаритные грузы одновременно двумя кранами (рис. 1, б), беспрепятственно обслуживать пересекающиеся подкрановые пути, конвейеры и другие установки (рис. 1, в). Металлоконструкции таких кранов выполняют коробчатого сечения. По мосту прямоугольного сечения перемещается консольная грузовая тележка (рис. 1, д), или, при меньшей грузоподъёмности, электрическая таль. У одностоечных кранов меньше высота, можно применять узлы ходовой части типовых грузовых тележек.

Опоры козлового крана выполняются из отдельных стоек, конструкция которых зависит от типа опоры. Опоры могут быть жёсткие и гибкие (шарнирные). Гибкие опоры имеют стойки из одного элемента или из нескольких ферм, развитых в направлении, перпендикулярном мосту.

Полукозловые краны. Для монтажа систем пылеприготовления и золоулавливания мощных тепловых электростанций применяют специально сконструированные полукозловые краны. Отличаясь высокой производительностью, простотой и низкой стоимостью эксплуатации, полукозловые краны являются важной частью схем механизации строительно-монтажных работ. В зависимости от назначения полукозловые краны изготовляют с различными характеристиками: их грузоподъёмность колеблется от 7,5 до 30 тс. Полукозловые краны, установленные на большой высоте, передвигаются по путям, уложенным на строительных конструкциях здания, поэтому важно, чтобы вес их был минимальным, а нагрузки на подкрановый путь не превышали обычные монтажные нагрузки, предусмотренные проектом здания.

Мостовые краны.

Мостовые краны, как и козловые, обслуживают прямоугольную площадь, ширина которой равна пролету крана, а длина определяется длиной подкрановых путей. По конструкции различают: двухблочными и одноблочными с ручным и электрическим приводом, с кабиной управления и управлением с земли или специального пульта. В зависимости от привода различают мостовые краны с ручным и электрическим приводом. Краны с ручным приводом изготавливают грузоподъемностью до 10 т. В зависимости от типа грузозахватного органа мостовые краны подразделяются на крюковые (с одним, двумя и более крюками), магнитные, с подъёмным электромагнитом и грейферные. Кроме того, имеются мостовые краны, снабжённые специальными грузозахватами (клещами, лапами).



а — общий вид электрического мостового крана; 1 — мост; 2 — концевые бляхи; 3 — тележка; 4 — ходовые колеса; 5 — электромагнитный механизм передвижения крана; 6 — кабина; 7 — крюковая подвеска; 8 — кран грузоподъемностью 50/10 т для котельной; 9 — кран грузоподъемностью 10/2,5 т для машинного зала.

Мостовые краны приводятся в движение от электродвигателей, установленных на одной из галерей моста крана. Механизмы передвижения крана выполняются с центральными или раздельными приводами. Механизм передвижения с центральным приводом (см. рис. 10, а) состоит из электродвигателя и редуктора, соединённых между собой промежуточным валом, компенсирующим некоторую несоосность электродвигателя, редуктора и тормоза, установленного на входном валу редуктора. Оба конца выходного вала редуктора соединяются с трансмиссионными валами, передающими движение ведущим ходовым колёсам крана.

Трансмиссионные валы выполняются с промежуточными опорами и без них. Промежуточными опорами служат шарикоподшипники. Механизм передвижения с раздельным приводом состоит из двух приводов, аналогичных центральному, установленных у ведущих ходовых колёс; в этом случае отсутствуют трансмиссионные валы.

Механизм подъёма груза состоит из электродвигателя, редуктора, соединённого с электродвигателем валом, тормоза, грузового барабана, соединённого с редуктором зубчатым соединением. Механизм подъёма груза и передвижения тележки устанавливается на раме тележки, представляющую собой сварную конструкцию. У механизмов с двумя крюками монтируется два механизма: основной и вспомогательный.

Литература

1. Монтажные краны электростанций/ А. С. Прошин. – Изд. 2-е. перераб. и доп.- Москва: Машиностроение, 1973. -246 с.:ил.:1.18.
2. Краны и лифты промышленных предприятий: справочник/ П. Н. Ушаков, М. Г. Бродский.- Москва: Металлургия, 1974.-352 с.: ил.- На рус. яз.: 2.30.
3. Грузоподъёмные краны промышленных предприятий: справочник / И. И. Абрамович, В. Н. Березин, А. Г. Яуре. – Москва: Машиностроение, 1989. – 359 с.: ил.

УДК 629

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ПТИЦ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ НА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

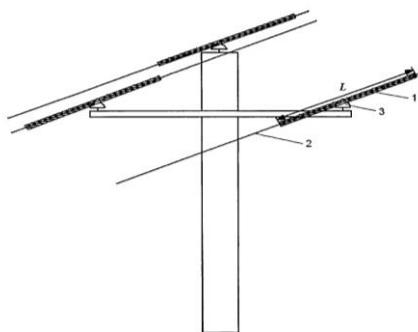
Студент гр. 10602218 Лукашевич Д.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Поражение током крупных птиц может привести к повреждению линий электропередач и прерыванию поставок электричества, создавая проблему для энергораспределительных компаний в местностях, где часто происходят случаи поражения птиц электротоком. Повреждение из-за короткого замыкания, когда птица соприкасается с фазами или делает контакт между фазой и землей, может повредить волокна кабеля, но чаще всего короткие замыкания повреждают оборудование.

Исходя из этого рассмотрим устройство, которое исключает наличие участков под напряжением в районе опор ЛЭП.



Фиг. 1

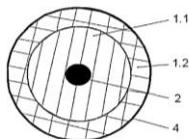


Рис. 1 – Птицезащитное устройство на линиях электропередачи

На рис. 1 обозначены: птицезащитное устройство 1, состоящее из слоев ленты стеклослюдинитовой 1.1, электроизоляционная эмаль 1.2, также на рис. показаны провод 2, штыревой изолятор 3, бандажный крепеж 4. Птицезащитное устройство состоит из не менее двух слоев ленты стеклослюдинитовой 1.1, имеющей толщину 0,18 мм, навиваемой на участок провода 2 длиной от 1,25 до 1,4 м, с нанесенной поверх слоев ленты 1.1 электроизоляционной эмалью 1.2. Ленты стеклослюдинитовые (например, марки ЛС-ЭП-9125-ТТ) обладают высокими электрическими и механическими параметрами, а также хорошей гибкостью, позволяющей сохранять достаточно высокие электрические и механические показатели при изгибании изоляции. Электроизоляционная эмаль (например, КО-911) является электроизоляционной, термостойкой и обладает антикоррозионными свойствами, после нанесения образует стойкое изоляционное покрытие.

Птицезащитное устройство устанавливается следующим образом: средняя часть устройства крепится к штыревому изолятору путем навивания бандажного крепежа 4 на ленту стеклослюдинитовую 1.1.

Таким образом, создается участок изолированного провода и исключается напряжение на изоляторе, что позволяет защитить птиц от поражения электрическим током. Птицезащитное устройство по всей его длине обеспечивает надежную изоляцию даже при раскачивании и изгибах проводов ввиду применения стеклослюдинитовой ленты.

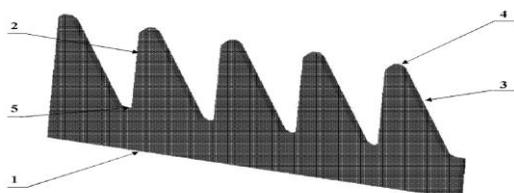
Закрытые токоведущие части ЛЭП на расстоянии 60-70 см от штыревого изолятора (и длина устройства в целом в пределах 1,4 м) обеспечивают необходимую зону покрытия токопроводящих частей ЛЭП и, соответственно, зону безопасности для птиц. Размер устройства более 1400 мм. Таким образом, заявленное устройство является простым в сборке и монтаже, с ним достаточно легко обслуживать изоляторы ЛЭП.

Птицезащитное устройство обеспечивает повышение надежности защиты птиц от касания с токоведущими частями ЛЭП и повышение надежности эксплуатации за счет упрощения конструкции. В энергетике широко используются устройства защиты птиц противопосадочного (антиприсадного) типа (для опор линий электропередач). Среди данных устройств наиболее эффективными являются устройства в форме пластины,

(описываемой прямоугольником), вдоль одной длинной стороны которой выполнены более чем два одинаковых зуба (по существу треугольной формы), первая сторона зубьев наклонена по отношению к длинной стороне пластины, характеризуется тем, что вторая сторона зубьев ориентирована под прямым углом к длинной стороне пластины. Внешние углы (верхушки, вершины) зубьев и внутренние углы между зубьев (выемки между зубьями) могут быть округлены.

Выполнение устройства с округлением позволит снизить травматизм птиц и снизить скорость разрушения от атмосферных воздействий. Величины внешних углов могут располагаться в диапазоне 20-40°. Выполнение углов в указанном диапазоне позволит достичь приемлемых результатов эффективности. Пластина может выполняться из электроизоляционного материала, что позволит обеспечить безопасность птиц от поражения электрическим током.

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ПТИЦ ПРОТИВОПОСАДОЧНОГО ТИПА



Устройство, выполненное с применением ПП. 1-4, схематически показано на фиг.(общий вид), где: 1 - длинная сторона пластины; 2 - сторона зуба, перпендикулярная длинной стороне пластины; 3 - сторона под наклоном к длинной стороне пластины; 4 - округленные части внешних углов зубьев; 5 - округленные внутренние углы между зубьев. Устройство действует следующим образом: сторона под наклоном к длинной стороне пластины 3 образует со стороной 2, перпендикулярной длинной стороне пластины 1 острый внешний угол 4, расположенный на внешней стороне пластины и острый внутренний угол 5, расположенный в центральной части пластины. Технический результат - повышение надежности и долговечности достигается отсутствием мелких и

частей, наиболее быстро подверженных разрушению от внешних атмосферных воздействий, повышение эффективности устройства защиты птиц обусловлено отсутствием возможности симметричной установки ноги птицы на всей боковой поверхности зубьев, что создает непреодолимые препятствия для стационарной посадки птицы. Промышленное применение заключается в том, что полезная модель может быть с успехом применена для изготовления устройств защиты птиц противопосадочного типа для защиты открытого электротехнического оборудования - трансформаторов, ЛЭП, контрольно-распределительных устройств и т.д.. Исходя из вышеизложенной информации можно сделать вывод, что данное устройство относится к области электротехнического оборудования, а конкретно к устройствам защиты птиц от поражения электрическим током антиприсадного типа, которые монтируются на предназначенных для установки изоляторов горизонтальных элементах опор линий электропередач (преимущественно элементы траверс или оголовков). Устройства позволяют снизить вероятность гибели птиц, препятствуя их нахождению в опасных зонах, а также уменьшить эксплуатационные расходы, вызванные загрязнением изоляторов птицами. Как результат - повышение надежности и долговечности достигается отсутствием мелких и частей, наиболее быстро подверженных разрушению от внешних атмосферных воздействий.

Литература

1. Мацына А.И. Пернатые хищники и их охрана. Бердск: Изд-во ООО "Сибэкоцентр", 2008. 79с.
2. Шевцов А.С., Хохлов А.Н., Ильях М.П., Елисеенко Е.А. Пернатые хищники и их охрана. Бердск: Изд-во ООО "Сибэкоцентр", 2012. 211с.
3. Карасев Н.А., Юданов Е.А., Юданов В.Е. Устройство защиты воздушных линий электропередачи 6-35 Кв. от жизнедеятельности птиц. М.: Изд-во ООО "МЗВА", 2017. 7с.
4. Остапенко А.А., Цитцер В.В. Устройство защиты птиц от поражения электрическим током на воздушной линии электропередач. Тольятти: Изд-во ООО "Авис", 2013. 27с.

ПРИМЕНЕНИЕ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ МУФТ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЕЙ

Студент гр. 106021118 Лялюк Д.С.

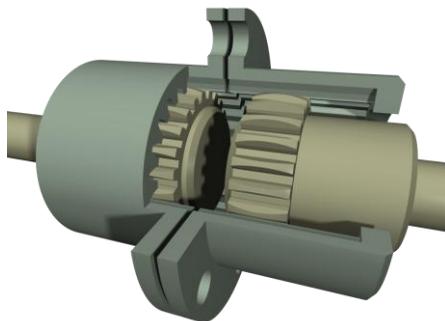
Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Каждый изолированный кабель, несущий функцию проводника электрической энергии, особенно в масштабах электросети, обязательно должен быть цельным и герметичным, дабы предохранить свои провода от несанкционированных замыканий и от всякого рода внешних воздействий, таких как грунтовая влага, а также от избыточных механических перегрузок, характерных для коммуникаций прокладываемых под землей.

Длина подобной кабельной коммуникации может составлять десятки километров, тогда как монтажная длина куска кабеля обычно ограничивается размером перевозимой катушки. По этой причине зачастую протяженную кабельную коммуникацию приходится делать составной — из соединенных последовательно фрагментов максимальной доступной длины, и уже полученную конструкцию подключать куда нужно.

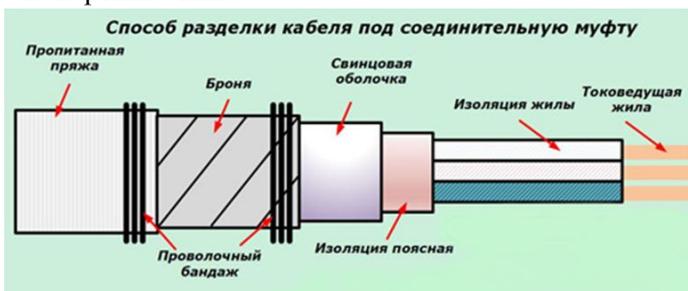
Такое устройство как муфта пришло в электроэнергетику из классической механики. Муфта — устройство, предназначенное для соединения друг с другом концов валов и свободно сидящих на них деталей для передачи крутящего момента. Служат для соединения двух валов, расположенных на одной оси или под углом друг к другу.



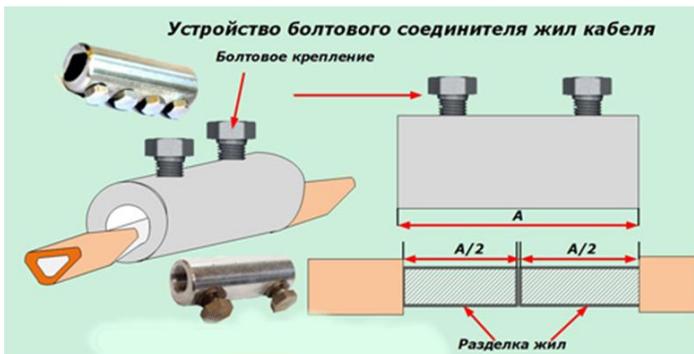
Муфты представляют собой комплект деталей и материалов, обеспечивающий восстановление электрической, конструктивной и механической целостности кабеля.

Количество жил, соединяемых муфтами, как правило, может ограничиваться тремя или четырьмя. Но, в отдельных случаях, встречаются кабели с другим числом жил.

Чтобы установить муфту на кабель необходимо правильно разделить концы, аккуратно снять слои изоляции и последовательно подготовить каждую поверхность для монтажа в муфту, как показано на картинке ниже.



Принцип болтового соединителя жил для двух кабелей показан на картинке.



Изоляция с каждой жилы снимается на половину длины соединительной трубки, в которую заводятся оба конца и обжимаются болтами.

По этому же принципу выполняется подключение разделанного провода в концевую клемму.



Только в этом случае изоляция снимается на всю длину углубления трубки.

Для многожильных медных проводов, сплетенных в один жгут, удобно использовать специальные наконечники из деформируемых мягких металлов, которые при сжатии специальным обжимным инструментом создают прочное механическое соединение и хороший электрический контакт.



Усилие равномерно распределенного обжима достигает нескольких тонн.

Тип междуфазной изоляции кабеля определяет конструкцию применяемых муфт.

Литература

1. Электронный ресурс “Школа для электрика”
<http://electricalschool.info/main/electromontag/1655-soedinitelnye-mufty-dlja-silovykh.html>
2. Электронный ресурс
“TurboText”<https://www.turbotext.ru/info/tests/203292/>
3. Электронный ресурс “Геоэнергетика”
<http://geoenergetics.ru/2016/08/08/blekaut-obratnaya-storona-energetiki/>

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ

Студент гр.10601218 Нарбут А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В новых экономических условиях перехода к социально-ориентированным рыночным отношениям, высокого уровня инфляции, невозможности использования централизованных средств для восполнения отработавших свой ресурс и требующих замены генерирующих мощностей, ориентация на традиционное централизованное теплоэнергоснабжение от крупных источников становится проблематичной. В настоящее время наметилась тенденция на строительство децентрализованных комбинированных источников электро- и теплоснабжения, устанавливаемых как в существующих отопительных котельных, так и на вновь строящихся источниках тепла.

Создание таких энергоустановок имеет ряд преимуществ. Среди них основными являются короткие сроки строительства, повышение надежности тепло- и электроснабжения потребителей, снижение инерционности теплового регулирования и потерь в тепловых сетях, относительно сетей подключенных к крупным РТС и ТЭЦ.

Использование локальных систем производства электрической и тепловой энергии с использованием газотурбинных энергетических установок (ГТУ) работающих на природном газе или пропане является одним из возможных решений данной задачи.

Газотурбинные установки получили в настоящее время признание в энергетике, как полностью освоенное, надежное оборудование.

Эксплуатационные показатели ГТУ на электростанциях находятся на том же уровне, что и традиционное энергетическое оборудование. Для них характерна готовность к работе в течение 90% календарного времени, 2 – 3 летний ремонтный цикл, безотказность пусков 95 – 97%.

Основным блоком газотурбинной электростанции (ГТЭС) является энергоблок (газотурбинная энергетическая установка – ГТУ), в который входит газотурбинный привод (ГТП) (при

необходимости с редуктором) и электрический генератор с системой возбуждения.

Основой (ГТП) является газогенератор, служащий источником сжатых горячих продуктов сгорания для привода свободной (силовой) турбины.

Газогенератор состоит из компрессора, камеры сгорания и турбины привода компрессора. В компрессоре сжимается атмосферный воздух, который поступает в камеру сгорания, где в него через форсунки подается топливо (для рассматриваемых в отчете энергетических ГТУ, основным топливом является газ, резервным (аварийным) – керосин, реактивное топливо), затем происходит сгорание топлива в потоке воздуха. Продукты сгорания подаются на турбину компрессора (турбину высокого давления) и на свободную турбину, вращающую вал ГТП (в случае одновального ГТП одна общая турбина вращает компрессор и вал ГТП). На лопатках турбины тепловая энергия потока продуктов сгорания превращается в механическую энергию вращения роторов турбины. Мощность, развиваемая турбиной, существенно превышает мощность, потребляемую компрессором на сжатие воздуха, а также преодоление трения в подшипниках и мощность, затрачиваемую на привод вспомогательных агрегатов. Разность между этими величинами представляет собой полезную мощность на валу ГТП.

На валу турбины расположен турбогенератор (электрический генератор).

Отработанные в газотурбинном приводе газы через выхлопное устройство и шумоглушитель уходят в дымовую трубу. Если предусмотрена утилизация тепла выхлопных газов, то после выхлопного устройства отработанные газы поступают в утилизационный теплообменник. Вместо него в технологической цепочке может находиться котел-утилизатор, в котором происходит выработка тепловой энергии в виде пара различных параметров и/или горячей воды. Пар или горячая вода от котла-утилизатора могут передаваться непосредственно к тепловому потребителю. Также возможно использование полученного пара в паротурбинном цикле для выработки электрической энергии.

Необходимость предварительного сжатия газового топлива заметно удорожает производство энергии особенно для малых ГТУ

и в ряде случаев является существенным препятствием на пути их внедрения в энергетику.

Результаты исследований, представленные в показали, что для снабжения ГТУ мощностью до 10 МВт пригодны не только центробежные, но и винтовые и поршневые компрессоры, при этом последние при прочих равных условиях дороже на 15-25%. Повышенное начальное давление в газовой магистрали (около 3 ата) может снизить капитальные затраты на дожимной компрессор до 30%.

Для адаптации этих данных к российским условиям уровень цен приведен к 2001 г., а стоимость дожимных компрессоров выражена в долях от осредненной стоимости ГТУ (рис.1).

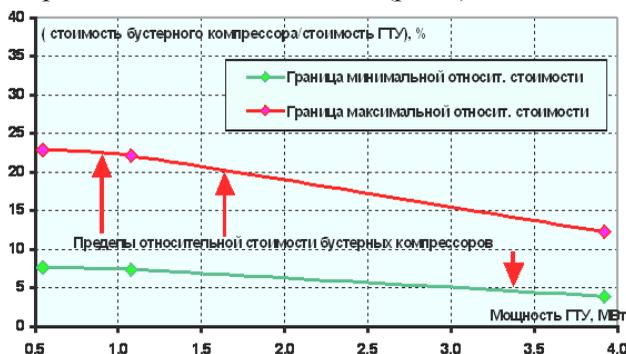


Рис. 1. Диапазон изменения относительной стоимости дожимных компрессоров для зарубежных энергетических ГТУ.

Литература

1. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей под редакцией С. М. Шляхтенко // М. «Машиностроение» 1987, 568С.
2. Авиационные, ракетные, морские, промышленные двигатели 1944 – 2000// М «АКС – Конверсалт» 2000, 408С.
3. ТЭО строительства экспериментальной теплоэлектростанции (РТЭС) на базе реконструкции РТС «ГПЗ» и строительства комплекса газотурбинной установки (ГТУ). Этап 1 Разработка вариантов газотурбинной надстройки к РТС с применением газовых турбин отечественного производства // Отчет НПП «Энергоперспектива» М. 2000

УДК 621.01

ПЬЕЗОГЕНЕРАТОРЫ. ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Студент гр.10602118 Пальчастая А.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Пьезоэффект был открыт в 1880 г. французскими учеными, братьями Пьером и Полем Кюри, на кварце. Применить открытое явление впервые предложил Поль Ланжевен, также француз. Было это в годы первой мировой войны. Суть предложения заключалась в использовании ультразвука для обнаружения вражеских подводных лодок, а для получения самого ультразвука предлагалось использовать именно пьезоэффект.

Важно отметить обратимость пьезоэффекта: при деформировании пьезокристалла на его поверхностях возникает разность потенциалов (напряжение), и наоборот, при приложении к противоположным граням электрического напряжения (т.е. при помещении кристалла в электрическое поле) происходит изменение линейных размеров кристалла, деформация.

Пьезокерамика сегодня представлена в основном двумя формами: это пластинки (диаметр 0,5 см, высота до 1 мм) и цилиндрические столбики.

Пьезоэлементы музыкальной открытки, электрического или электронного будильника также содержат пьезопластинку. Для демонстрации различных возможных применений этих пьезоэлементов их надо аккуратно отделить от бумажной основы открытки или основной печатной платы будильника с помощью паяльника и/или кусачек. Пластмассовый кожух аккуратно снимается. Если к пьезоэлементу были подпаяны провода, их надо удалить паяльником, оставив немного припоя, чтобы к этим местам подпаять новые. Лучше всего взять достаточно длинные (порядка 1,5 м), гибкие (многожильные) и, разумеется, изолированные. К другим концам этих проводов подпаяйте контакты (штыревые или типа "клешня", в зависимости от конструкции входных гнезд на вашем усилителе и генераторе НЧ колебаний). В качестве усилителя удобно использовать звуковые генераторы типа "ГЗМ" или "ГЗШ-3", поскольку они в своем составе имеют и усилитель.

Сегодня известно несколько примеров практического использования подобной энергии. На станции метро «Марунучи» в Токио установлены пьезогенераторы в зале для приобретения билетов. Скопления пассажиров хватает для управления турникетами.



Рис. 1 – станция метро Марунучи

Сравнительно недавно взорвало мировую общественность сообщение об испытаниях систем получения энергии от движущегося автотранспорта. Израильские ученые из небольшой фирмы Innowattech подсчитали, что 1 километр автобана может генерировать электрическую мощность до 5 МВт. Они не только выполнили расчеты, но и вскрыли несколько десятков метров полотна автострады и смонтировали под ним свои пьезогенераторы. Данную энергию можно использовать для освещения дорог, на сегодняшний день большое количество электрической энергии идет на освещение дорог.

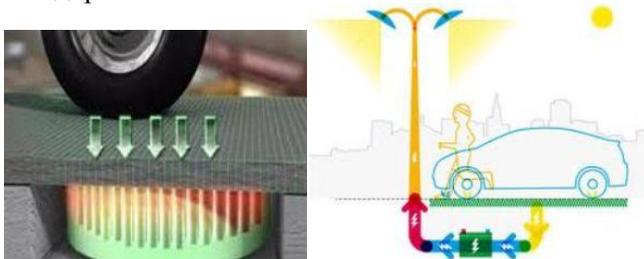


Рис.2 – Освещение магистралей пьезогенераторами

Несложно заметить, что если изолировать от влаги пьезоэлемент и поместить под небольшую струю воды, то так же будет вырабатываться электроэнергия. Один элемент вырабатывает небольшое количество энергии, но если собрать систему, состоящую из пары тысяч элементов и расположить их на крыше дома, то можно получить неплохой источник электрической энергии. Такие системы можно использовать в городах с большим количеством осадков, к примеру: Манчестер, который получил репутацию «сырого» благодаря тому, что здесь около 150 дней в году идут дожди.

Существуют такие установки, состоящие с одной стороны из системы пьезоэлементов, а со второй из солнечной батареи. Такие установки можно использовать в походах на дальние расстояния, в мало исследованные места. При их помощи можно заряжать телефоны и освещать палатку. Когда погода солнечная, то работает солнечный элемент, а когда внезапно пошел дождь, то эту установку можно перевернуть и использовать пьезоэлементы для получения энергии. Стоимость такой установки невелика всего лишь 100-200 долларов США, все зависит от размеров и нужной мощности.



Рис.3 – Использование пьезогенераторов в походных условиях

Пьезоэлементы постепенно изучаются, их развитие может произвести большой переворот в энергетической сфере. На сегодняшний день пьезоэлементы получили большую научную

оценку, но к сожалению их применение в быту и промышленности не слишком велико, это связано с небольшим КПД (примерно 50%). В ближайшем будущем по причине истощения углеводородов, пьезоэлементы займут одно из первых мест среди альтернативных источников энергии.

Литература

1. Волкова А.Г, Шатунов В.П//«Магнитоэлектричество, пьезоэффект и магнитострикция в композитах»// Москва//1995//стр.78.
2. Галков А.П, Кужельный И.В// «Пьезоэлектрические преобразователи»//Минск// 2001//стр.52.
3. Сайт <https://mcgrp.ru/article/1409-что-такое-пезоэлементы-и-где-они-применяются>

УДК 621.314

СИСТЕМА НАТЯЖЕНИЯ ПРОВОДОВ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

Студент гр.10601118 Саковец П.Д.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В. Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Для обеспечения стрел провесов в допустимых пределах периодически, в определенные сезоны, регулируют натяжение провода вручную. Такая регулировка называется сезонной регулировкой. Более совершенным является автоматическое регулирование натяжения для поддержания его на заданном уровне. Для автоматического регулирования используются, как правило, грузовые компенсаторы. Находит также применение частичное регулирование натяжения в пределах, ограниченных средними значениями по многолетним наблюдениям наивысших и наименьших температур для данной местности.

Для натяжения контактного провода в заданных пределах применяют специальные устройства, компенсирующие изменение его длины вследствие по-вышения или понижения температуры.

Устройства разделяются на два вида: грузовые компенсаторы, поддер-живающие постоянное натяжение контактного провода или несущего троса по-средством груза, подвешенного через блоки к концу провода (троса); устрой-ства с сезонной ручной регулировкой, поддерживающие натяжение в заданных пределах на период зимнего, летнего (а в необходимых случаях и весеннего, осеннего) сезонов.

Сезонное регулирование натяжения контактного провода является более простым способом, применяемым с самых ранних этапов эксплуатации сети и сохраняющимся на значительной части сетей трамвая и особенно троллейбуса.

Для автоматической компенсации натяжения контактного провода в полукompенсированной подвеске применяют грузовые компенсаторы блочного типа (рис. 1). Компенсатор представляет собой полиспаг (Полиспаг — система подвижных и неподвижных блоков, соединенных гибкой связью (канаты, цепи)). Для компенсации применяют двух- и трехблочные грузовые компенсаторы с коэффициентом передачи соответственно 1:2 и 1:4.

В городском электрическом транспорте преимущественное распространение получили трехблочные компенсаторы. Блоки крмпенса-торов должны быть на подшипниках качения. Для заправки блоков применяют стальной 37-проволочный канат диаметром 10,5 мм. Грузы помещают внутри трубчатых опор ОСГ. На загородных и вылетных линиях допускается закрепление грузов снаружи опоры с защитой их предохранительной решеткой. На грузовой компенсатор могут быть анкерваны как одинарный, так и совместно двойной провод трамвая. Для выравнивания натяжения обоих проводов их натягивают через коромысло или ролик.

Длину анкерного участка полукомпенсированной и компенсированной подвесок для прямых участков линии принимают равной 900—1400 м при двусторонней компенсации и 450—700 м при односторонней. На линиях, имеющих криволинейные участки, длину анкерного участка уменьшают в зависимости от расположения, длины и радиуса кривых с целью сохранения равномерности натяжения контактного провода по длине анкерного участка в пределах, не превышающих для прямолинейных участков ($\pm 15\%$ нормативного натяжения).

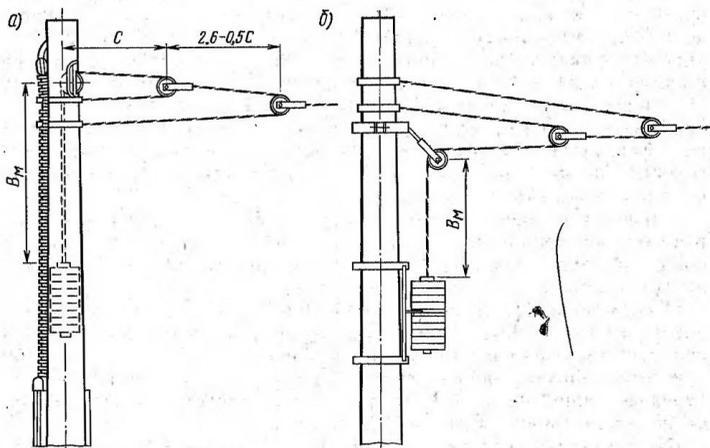


Рисунок 1 – Грузовые компенсаторы

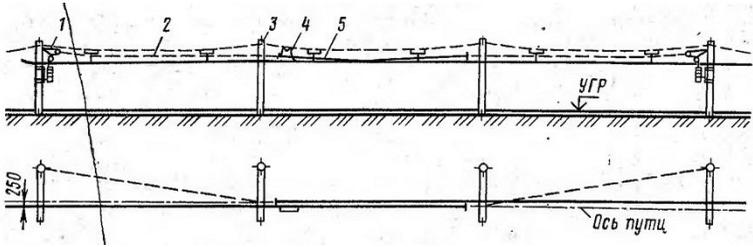


Рисунок 2 – Сопряжение анкерных участков сети трамвая

Простейшим способом выполнения регулировки является подтягивание провода монтажной лебедкой весной и вырезка отрезка его, а осенью роспуск провода с добавлением отрезка провода, равного по длине вырезанному в весеннюю регулировку. По этой схеме осуществляется сезонная регулировка проводов троллейбуса. Сеть троллейбуса делится на регулируемые участки, для каждого из них определяется место регулировки и расчетная длина дополнительного отрезка провода, соответствующая протяженности регулируемого участка. Длину участка выбирают с учетом выполнения наименьшего объема работ по передвижке подвесов для устранения их перекосов, вызванных смещением при перетяжке провода.

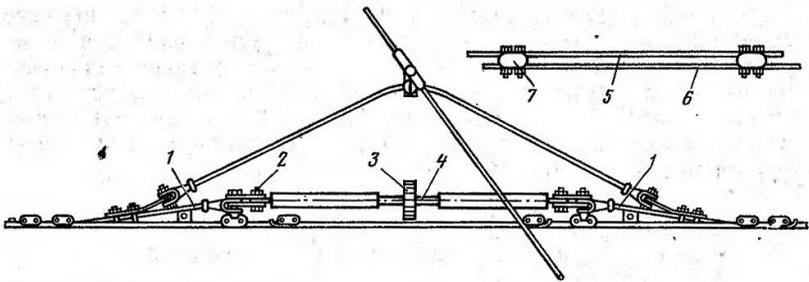


Рисунок 3 – Температурный винт

В простых подвесках на гибких поперечинах и в цепных подвесках сезонно регулирующие устройства размещают через 400 — 500 м, в простых подвесках на кронштейнных — через 300—400 м. От разворотных колец и мест жестких подвесок (под искусственными сооружениями) сезонно-регулирующее устройство должно размещаться не ближе 200 м.

Температурный винт (рис. 3) имеет натяжную муфту с правой и левой резьбой на винтах и гайках. В средней части муфты имеется зубчатое колесо для трещеточного ключа. Ходовая линия для токоприемника образуется двумя дополнительными проводами, расположенными под муфтой. Между собой дополнительные провода соединены зажимами. Температурный винт подвешивают на поперечине с помощью стального каната, который одновременно страхует от падения проводов на землю при разрушении винта.

Литература

1. Афанасьев А. С. Контактные сети трамвая и троллейбуса / А. С. Афанасьеву - М.: Транспорт, 1988. — 264 с.
2. Грузовые компенсаторы и устройства сезонной регулировки контактной подвески трамваев и троллейбусов [Электронный ресурс] / Библиотека онлайн. - Режим доступа : <https://zinref.ru/>. - Дата доступа : 17.02.2020.

ТРУБЧАТЫЙ ЛЕНТОЧНЫЙ КОНВЕЙЕР

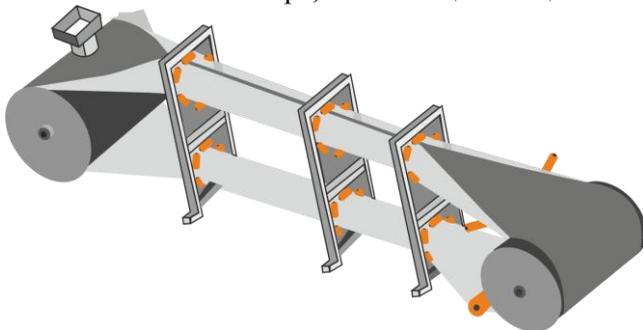
Студенты гр.10601118 Николаенко В.Л.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В. Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Ленточные конвейеры настолько усовершенствованы, что они фактически подошли к своеобразному «порогу модернизации», за которым не просматриваются реальные пути улучшения потребительских свойств в рамках классической схемы роликового конвейера. Зарубежные фирмы пошли по пути создания беспросьпных конвейеров. Трубчатый конвейер — это модернизированный ленточный конвейер, состоящий из загрузочных точек, привода и хвостовой части, таких же, как в стандартном ленточном конвейере, но имеющий секции ленты



Конвейер с трубчатой лентой функционирует по специальной схеме: в зоне подачи материала трубчатая лента имеет форму желоба. Загрузка на этом участке трассы осуществляется как в случае с обычной желобчатой конвейерной лентой. После загрузки материала конвейерная лента принимает трубчатую форму при помощи специально расположенных пальчиковых роликоопор. Остальные роликоопоры с роликами, расположенными в форме шестигранника, установлены по всей трассе транспортировки до места разгрузки и обеспечивают закрытое перемещение материала в ленте. Таким образом, трубчатая конвейерная лента изолирует транспортируемый материал и окружающую среду друг от друга. В конце трассы (перед головным барабаном) свернутая в трубу

конвейерная лента открывается при помощи специально расположенных роликоопор и принимает сначала желобчатую, а потом и плоскую форму на барабане. Это позволяет разгружать транспортируемый материал так же, как в случае с обычными ленточными конвейерами.

Конструктивные особенности конвейеров



При решении задач транспортировки грузов очень часто приходится преодолевать большие углы наклона и малые радиусы поворота трассы при ограниченности пространства и высокой производительности. Отсутствие перегрузочных станций у трубчатых конвейеров в большинстве случаев, изолирование транспортируемого материала от окружающей среды и, как следствие, отсутствие загрязнения материалом трассы транспортировки, малые трехмерные радиусы поворота, идеальная приспособляемость к ландшафту, компактность сооружения, большие углы наклона трассы транспортировки до 30° – все эти требования до сих пор были невыполнимы для желобчатых конвейерных лент. Трасса трубчатого конвейера может изгибаться в горизонтальном и вертикальном направлении. Таким образом, один трубчатый конвейер может заменить два и более стандартных конвейера; при этом сокращается количество приводных станций, аспирационных систем, металлоконструкций.

Лента трубчатого конвейера сворачивается в пыленепроницаемую трубу, что исключает пыление, просыпание транспортируемого груза и воздействие на него окружающей среды и позволяет осуществлять доставку материала с высокой скоростью в обоих направлениях. Кабельные лотки, противопожарная система и подача воздуха могут быть установлены внутри самонесущей

структуры конвейера. Секции трубчатого конвейера занимают меньше пространства, а сооружение имеет меньшую массу по сравнению с конвейерами традиционной конструкции. Конвейерные секции могут быть спроектированы таким образом, чтобы максимально увеличить пролет между опорами. Чем сложнее решения и длиннее пролеты, тем ниже объем инвестиций. Большое трение материала внутри трубы конвейера позволяет транспортировать груз под большим углом наклона. Один трубчатый конвейер может заменить несколько ленточных конвейеров и элеватор. Благодаря герметичности перемещения груза, простоте конструкции оборудования и высокой скорости для ряда предприятий химической, металлургической, строительной и других отраслей промышленности, где необходимо транспортировать пылящие, ядовитые, корродирующие и тому подобные грузы, данный тип конвейеров является наиболее рациональным выбором.

Очень успешное решение транспортировки и укладки агломерата на Электростанции Мнелник с помощью трубчатого конвейера было реализовано в 1998 и 1999 годах. Конвейер проходит по пересеченной местности с перепадами высот до 60 м. Длина трассы конвейера более 2000 м. Конвейер легко переключается на обратный ход. Частичный капитальный ремонт отдельных его частей был проведен нашей фирмой в 2005 году.



Электростанция AES Maritza East 1, Болгария



Трубчатый ленточный конвейер ТС-3А с межцентровым расстоянием 4532м и высотой транспортировки 25м идеально повторяет контуры географического рельефа местности уже имеющейся в Галабово инфраструктуры (железная дорога, поселок, и.т.д.) преодолевая 8 горизонтальных и 7 вертикальных поворотов малого радиуса кривизны.

Литература

CONTI® PIPE «Высокоскоростные трубчатые ленты для крутых поворотов и больших производительностей». ContiTech Transportbandsysteme D-37154 Northeim, Germany. E-mail: lenta@cbg.contitech.de, www.contitech.de/cbg-ru

УДК 621.793

РАЗРУШЕНИЯ НА ОПОРАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Студент гр.10602218 Щубрет Е.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В. Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Для монтажа воздушных линий электропередач используются специальные опоры ЛЭП – вертикальные сооружения, которые удерживают провода на высоте на заданном расстоянии от земли и друг от друга, крыш зданий и т.п. Такие конструкции, размещенные под открытым небом, должны выдерживать различного рода нагрузки и быть достаточно механически прочными в различных метеорологических условиях на протяжении длительного времени.

Поэтому опоры линий электропередач изготавливаются из различных материалов, обладают разнообразными формами и габаритами, отличаются по своему применению.

Повреждение и разрушение различных видов опор.

• Деревянные опоры.

Основными причинами повреждений деревянных опор являются загнивание древесины и поломка деталей при сильном ветре или гололеде. По этим причинам повреждается около половины всех опор. Примерно 1/4 всех случаев является следствием возгорания опор из-за неплотного соединения элементов и загрязненных или дефектных изоляторов.

Загнившая деталь опоры теряет прочность, и ее следует своевременно заменить новой. Гниение является следствием заражения древесины спорами грибка, распространяющимися подобно семенам цветочных растений. Попадая на дерево, споры грибка проникают в толщу ствола и, разрастаясь, вызывают распад и разрушение клеток древесины. При благоприятных условиях гниль интенсивно развивается.



Срок эксплуатации данного вида опор составляет 5-25 лет. По истечении данного времени замена опор является обязательной. Но может также, и происходить периодическое нарушение их вертикального положения столба. Если не прибегнуть к их ремонту, это может стать причиной их падения.

• **Железобетонные опоры.** К наиболее распространенным дефектам железобетонных опор, возникающим в процессе эксплуатации относятся: появление трещин (продольных и поперечных) в бетоне, появление пятен, щелей, раковин, отклонение опоры от вертикального положения, а также дефекты заделки опоры в грунт. Дефекты в железобетонных опорах и фундаментах образуются вследствие нарушения технологии изготовления, транспортировки опор к месту установки, несоблюдения строительных норм и правил при сооружении ВЛ. В процессе эксплуатации под действием знакопеременных нагрузок, периодического увлажнения, размораживания дефекты развиваются, что приводит к разрушению бетона, коррозии арматуры и, в конечном итоге, к снижению несущей способности опор и фундаментов и сокращению их срока службы.



• **Металлические опоры.**

Повреждения металлических опор могут иметь место при фактических нагрузках выше расчетных значений, а также в результате дефектов, появившихся в процессе изготовления опор, их транспортировки, монтажа или в условиях эксплуатации. Превышение нагрузок, действующих на опору, против расчетных нагрузок может наступить в результате редко встречающихся стихийных явлений (ураганы, сильные гололеды, «пляска проводов»), а также в результате ошибок проектирования, изыскательских



работ и строительства линий.

Для металлических опор, одной из основных проблем при эксплуатации является коррозия металла, появляющаяся под действием воздуха, осадков, а также атмосферной влаги. Наличие в воздухе солей и кислот, характерно для атмосферы в зоне химических заводов, крупных промышленных предприятий и морских побережий, способствует усилению процесса коррозии металлических опор. Развитие коррозии в течении времени, приводит к уменьшению сечения металлических элементов конструкции опор и как следствие, снижается ее несущая способность, а также возрастает риск обрушения всей опоры линии электропередач.

Причины повреждений на воздушных линиях электропередач

Причины повреждаемости воздушных линий электропередачи в основном объясняются следующими факторами: перенапряжениями (атмосферными и коммутационными), изменениями температуры окружающей среды, действием ветра, гололедными образованиями на проводах, вибрацией, «пляской» проводов, загрязнением воздуха и т.д.

- **Атмосферные перенапряжения.**

Они возникают в следствие грозových явлений на линиях электропередач. Из-за возникновения таких ситуаций образуются пробой изоляционных промежутков. Разрушение юбки изолятора дугой происходит в сетях до 220 кВ.

- **Коммутационные перенапряжения.**

При ударе молнии в воздушную линию коммутационные перенапряжения образуются во время включения и выключения выключателей. Место перекрытия также нужно автоматически отключать. В сетях 330 кВ и выше коммутационные перенапряжения намного опаснее.

- **Изменения температуры воздуха**

Температура воздуха в разные времена года варьируется, интервал может быть от —40 до +40 °С. Повышение температуры проводов приводит к их отжигу и снижению механической прочности. Кроме того, при повышении температуры провода

удлиняются и увеличиваются стрелы провеса. В результате могут быть нарушены габариты воздушной линии и изоляционные расстояния, т. е. снижены надежность и безопасность работы воздушной линии электропередачи

- **Обледенение.**

Провода могут обледенеть из-за снега, изморози, попадания капель дождя. Гололедные образования способствуют появлению механической нагрузки на тросы и провода. Что в итоге значительно снижает запас прочности опор линий. Если на отдельных пролетах меняются стрелы провеса проводов, то провода сближаются и сокращаются изоляционные расстояния.



- **Вибрация**

Вибрация — это колебания проводов с высокой частотой (5—50 Гц), малой длиной волны (2—10 м) и незначительной амплитудой (2—3 диаметра провода). Эти колебания происходят почти постоянно и вызваны слабым ветром, из-за чего появляются завихрения потока, обтекающего поверхность провода воздуха. Из-за вибраций наступает «усталость» материала проводов и происходят разрывы отдельных проволочек около мест закрепления провода близко к зажимам, около опор. Это приводит к ослаблению сечения проводов, а иногда и к их обрыву.

- **Загрязнение воздуха**

Опасное для работы воздушных линий электропередачи загрязнение воздуха вызвано присутствием частичек золы, цементной пыли, химических соединений (солей) и т. п. Осаждение этих частиц на влажной поверхности изоляции линии и электротехнического оборудования приводит к появлению проводящих каналов и к ослаблению изоляции с возможностью ее перекрытия не только при перенапряжениях, но и при нормальном рабочем напряжении. Загрязнение из-за большого наличия солей в воздухе на побережье моря может привести к активному окислению алюминия и нарушению механической прочности проводов.

Литература

1. Мельников Н. А. Электрические сети и системы.— М.: Энергия, 1969. — 456 с.
2. Магидин Ф.А., Берковский А.Г. Устройство и монтаж воздушных линий электропередачи.1971.
3. Андриевский В.Н. Эксплуатация воздушных линий электропередачи.

УДК 621.793

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКЕ

Студент гр.10603317 Сурович П.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Швец И.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Одними из наиболее распространенных типовых элементов машин и механизмов являются зубчатые передачи, которые присутствуют практически во всех машинах, работают в широком диапазоне режимов и зачастую их ресурс лимитирует долговечность агрегата в целом. От качества их работы зависят такие характеристики как кинематическая точность и уровень шума. Поэтому обеспечение высокого уровня физико-механических свойств зубчатых колес во многом определяет качество работы всей машины.

Традиционно физико-механические и эксплуатационные свойства деталей обеспечиваются на операциях термической обработки, которые занимают значительную часть в структуре затрат на изготовление. Совершенствование технологии термической обработки, внедрение новых прогрессивных методов, приводящих к снижению энергоемкости производства и повышению производительности, являются актуальной задачей. Современный уровень развития лазерной техники позволяет расширить сферу ее эффективного применения в машиностроении и в частности добиться решения задачи обеспечения высокого уровня физико-механических свойств и долговечности зубчатых колес при снижении себестоимости изготовления.

Изменение геометрии эвольвентных профилей колес из стали 40Х после лазерной закалки исследовали по результатам анализа изменений толщины зубьев с помощью 3D координатно-измерительной сканирующей системы ATOSCore (<http://www.atos-core.com>). Работа сканирующей системы заключается в количественной оценке множества (порядка 10^4 – 10^5) изображений. Принцип измерения основан на проецировании интерференционных полос, гарантирующем получение точных и

прослеживаемых трехмерных координат. Результаты измерений представлены на рисунках 1 – 3. Фиксировали изменение толщин зубьев относительно эталонного образца, в качестве которого был взят неупрочненный лазером зуб каждого колеса. Изменение вычисляется как среднее значение зафиксированных отклонений в указанных точках с двух сторон зубьев. Наблюдаемая погрешность углового шага наиболее вероятно связана с процессом формообразования зубьев, и при расчете изменения толщины она не учитывалась.

При анализе изменения толщин зубьев колеса, прошедших лазерную закалку после формообразования, следует отметить, что в исследованном диапазоне скоростей перемещения луча от 500 до 1000 мм/мин наблюдается уменьшение толщины зуба. Наиболее существенное уменьшение имеет место при скоростях, соответствующих середине интервала – 750 мм/мин, и оно достигает 0,53 мм. При закалке со скоростью 500 мм/мин максимальное утоньшение зуба составляет 0,43 мм, а при 1000 мм/мин – 0,2...0,3 мм. На рисунке 1 можно проследить существенное уменьшение диаметра впадин колеса после лазерной обработки.

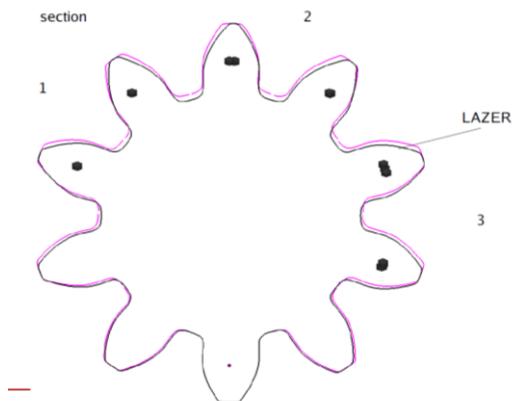


Рис.1 – Профиль сечения колеса до и после лазерной обработки пары зубьев, закаленных при перемещении луча лазера со скоростью: 1 – 500 мм/мин, 2 – 750 мм/мин, 3 – 1000 мм/мин.

Полученные результаты свидетельствуют о формировании в упрочненных зубьях напряжений сжатия, что положительно скажется на их прочности. Степень утоньшения зубьев позволяет предположить значительную величину напряжений сжатия. По визуальной оценке приведенных результатов, величина утоньшения возрастает от радиуса впадин до радиуса вершин. При этом не происходит существенного отклонения формы профиля зуба от эвольвенты. Изгиб и иные виды деформаций зубьев не отмечаются.

Известно, что на результат лазерной обработки оказывает существенное влияние состояние исходного материала [4]. Поэтому было исследовано изменение геометрии зубьев колес, прошедших предварительно объемную закалку (рисунок 2) и объемную закалку с последующим отпуском (рисунок 3).

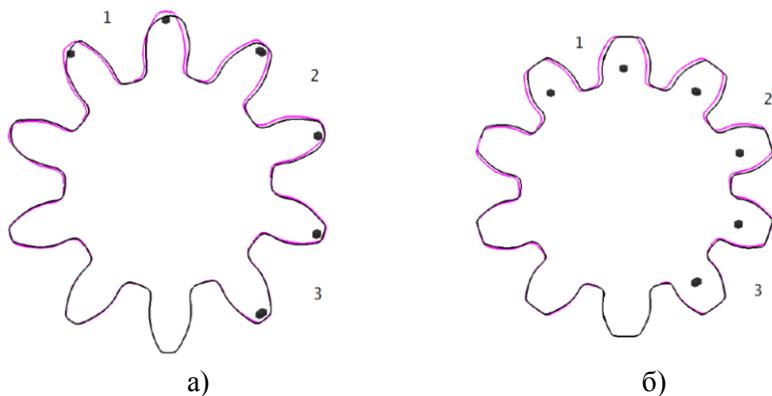


Рис. 2 – Профили сечений колеса, подверженного объемной закалке перед лазерной обработкой. Пары зубьев, закаленных при перемещении луча лазера со скоростью:
1 – 500 мм/мин, 2 – 750 мм/мин, 3 – 1000 мм/мин.

На рисунке 2 заметно, что при лазерном упрочнении предварительно закаленного колеса со скоростью 500 мм/мин имеет место существенное искажение эвольвентного профиля в верхней части зуба, что связано с плавлением поверхностного слоя. Результаты измерений показывают, что изменение толщин зубьев по сравнению с состоянием до лазерной закалки, в отличие от

колеса не прошедшего предварительную термообработку, практически не наблюдается.

Для зубьев колеса, предварительно подвергнутого объемной закалке и отпуску, также характерно искажение эвольвенты в результате плавления поверхностного слоя при скорости перемещения лазерного луча 500 мм/мин. Это не позволяет достоверно оценить изменение толщин зуба в результате фазовых превращений и появления остаточных напряжений. При скорости перемещения луча 750 мм/мин изменение толщины зубьев практически равно нулю. Для зубьев, подвергнутых лазерной обработке со скоростью 1000 мм/мин, наблюдается увеличение толщины на 0,3 мм.

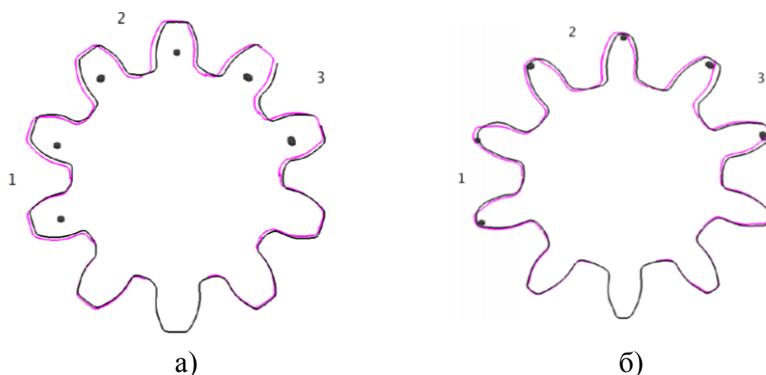


Рис. 3 – Профили сечений колеса, подверженного перед лазерной обработкой объемной закалке и отпуску. Пары зубьев, закаленных при перемещении луча лазера со скоростью:
1 – 500 мм/мин, 2 – 750 мм/мин, 3 – 1000 мм/мин.

В процессе работ установлено, что в упрочненных лазерной закалкой зубьях зубчатых колес формируются напряжения сжатия, что положительно скажется на их прочности. При этом наблюдается уменьшение толщины зуба по всей его высоте, отсутствие изгиба зубьев и сохранения эвольвентной формы профиля. Выявленная закономерность позволяет рекомендовать лазерную закалку в качестве финишной операции при изготовлении

зубчатых колес при введении коррекции геометрии зубьев в процессе их формообразования.

Литература

1. Иванов М.Н. Детали машин: Учеб. для машиностр. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1984. – 336 с.

2. Скойбеда А.Т. Детали машин и основы конструирования: учебник / А.Т. Скойбеда, А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик; под общ. Ред. А.Т. Скойбеда. – 2-е изд., перераб. – Мн., 2006. – 560 с.

3. ГОСТ 21354-87. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность, 1988.

4. Заракет, А. Технология формирования износостойких поверхностей комбинированным лазерным легированием: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.08, 05.03.07 – Мн., 1999. – 144 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСМИССИИ ТЯЖЕЛЫХ МОТОЦИКЛОВ

Студенты гр. 10903416 Куземко М.М., Запартыко А.М.

Научный руководитель – ст. преподаватель Комяк И.М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Уровень развития мотоциклетной техники в наши дни таков, что мощностью в 100 лошадиных сил и более трудно удивить. Но одно дело такую мощность развить, а другое — довести до ведущего колеса, желательнее ничего не потеряв по дороге (точнее, потеряв как можно меньше). Вторая задача, между прочим, ничуть не проще первой. И для реализации этих задач существует совокупность устройств, получивших общее название трансмиссия (от английского «transmission» — передача). В современном понимании к трансмиссии относят сцепление, моторную передачу, коробку передач и главную передачу.

Чтобы понять, для чего необходима такая сложная цепочка передающих механизмов, начнем с самого простого варианта. Примером может служить мотоцикл «Мегола», который выпускал Фридрих Коккерель с 1919 по 1925 года. У него не было ни сцепления, ни коробки передач.

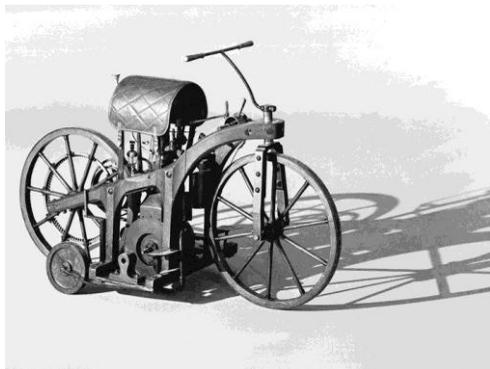


Рис. 1 – Мотоцикл «Рейтваген»

Знакомство с эволюцией конструкций передач мощности начнем с первого мотоцикла с бензиновым двигателем «Рейтваген» (рис. 1) Готлиба Даймлера.

Его трансмиссия состояла из двух шкивов и плоского ремня, перемещая который водитель мог выбирать одну из двух передач. В качестве сцепления

использовался ролик, натягивающий ремень. Конструкция не очень удобная, ведь для перемены передач приходилось останавливать мотоцикл, но для 1885 года весьма прогрессивная. Главная передача также присутствовала в виде пары цилиндрических шестерен внутреннего зацепления. Далее некоторое время мы не встретим на мотоциклах ни коробок передач, ни сцепления. Но если в силу значительной гибкости характеристики двигателя начала века без коробки передач можно было как-то обойтись, то без сцепления ездить было просто неудобно, ведь для остановки приходилось глушить двигатель. В связи с этим, в начале века все чаще появляются мотоциклы, оборудованные механизмом сцепления.

В настоящий момент трансмиссия мотоциклов уходит от привычного для нас образа.

По состоянию на 2020 год, около 70% мировых производителей мотоциклов делают выбор в пользу автоматической трансмиссии, что позволяет повысить её КПД, улучшить массо-геометрические параметры конструкции и получить ряд других преимуществ. Таким образом, для современных тяжелых мотоциклов помимо автоматической трансмиссии оптимальных вариантов нет.

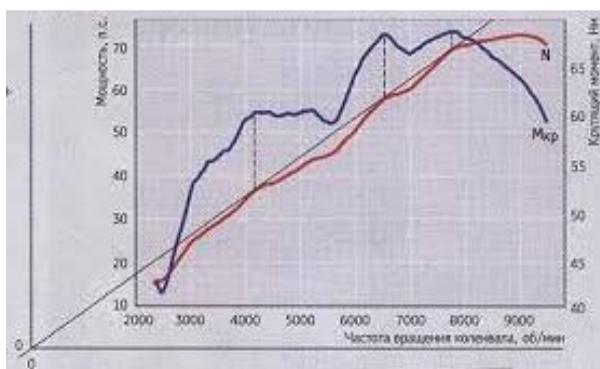


Рис. 2 – Механические характеристики современных мотоциклетных двигателей

Как следует из графика на рис. 2, справиться с мощностью и крутящим моментом современных тяжелых мотоциклов задача не

из простых. Поэтому внедрено двойное сцепление, а также ряд муфт, позволяющих работать трансмиссии без потери мощности и КПД.

Хотя для других видов мототехники (скутеры, мотовездеходы, снегоходы) автоматический вариатор стал фактически стандартом, на современных мотоциклах мы найдем этот узел лишь на дебютировавшей в 2006 году Aprilia Mana, – а этот аппарат хитом так и не стал. Зато более экзотические типы трансмиссий все-таки дошли до потребителя. В 2005 году на моторшоу в Токио был показан прототип мотоцикла Honda DN-01 с гидрообъемной трансмиссией, и в 2008 году концерн запустил машину в серию. Этот дорогой и не слишком динамичный (несмотря на возможность ручного управления выбором шести передач) мотоцикл не снискал популярности и в конце 2010 года был снят с производства.

В 2006 году на спорт-турере Yamaha FJR1300AS инженеры внедрили устройство YCC-S (Yamaha Chip Controlled Shift, то есть «Переключение с электронным управлением от Yamaha»). Снабдив мотоцикл актуаторами выжима сцепления и переключения передач, конструкторы слегка облегчили работу водителя, избавив его от необходимости хвататься за рычаг сцепления; функции

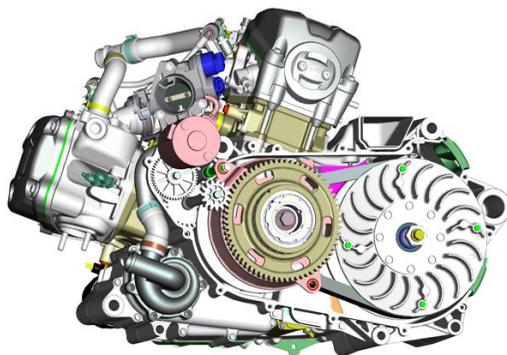


Рис. 3 – Вариатор на мотоцикле Aprilia Mana (унификации со скутером SRV850)

переключения передач, правда, остались за ним — хотя теперь он мог делать это не только педалью, но и клавишей на руле.

Но все же дальше всех по пути автоматизации мотоциклетных трансмиссий продвинулась Honda. В 2010 году на рынок вышел спорт-турер VFR1200F, оснащенный роботизированной коробкой передач с двумя сцеплениями. Еще через год дебютировало двухцилиндровое семейство NC, на котором подобный узел предлагался опционно. А в этом году на рынок вышел первый внедорожный мотоцикл с такой трансмиссией – новая Honda Africa Twin (рис. 4). Стоит сказать, что обе версии автоматики – и гидрообъемную трансмиссию, и «робот» – Honda поначалу обкатала на своих мотовездеходах.



Рис. 4 – Роботизированная коробка передач с двумя сцеплениями

И все же автоматические коробки передач и в XXI веке не стали типичным мотоциклетным оснащением. А вот две другие новации — пауэр-шифтер (квикшифтер) и слиппер-клатч — получили этот статус на мощных мотоциклах большого рабочего объема. Первый узел позволяет переключаться без выжима сцепления, причем в более совершенной версии как вверх, так и вниз. В отличие от сложной системы Yamaha YCC-S пауэр-шифтер обходится без актуаторов, просто отключая на момент переключения зажигание и подачу топлива.

Слиппер-клатч, или проскальзывающее сцепление, обеспечивает пробуксовку при резком сбросе газа, предотвращая блокировку или низкочастотную вибрацию заднего колеса. Применяемое на некоторых мотоциклах еще в 80-е годы прошлого века, широкое распространение оно получило лишь в нынешнем веке. Работает по принципу обгонной муфты, но все же способно передавать определенную величину момента в обратном направлении, чтобы мотоцикл не утратил способности тормозить двигателем. Порой такого эффекта пытались достичь с помощью довольно сложных систем (вакуумной на Aprilia, электронной на MV Agusta), но в итоге победило простое механическое решение: сцепление с муфтой с несимметричными трапециевидными кулачками (рис. 5).



Рис. 5 – Проскальзывающее сцепление

Таким образом, по нашему мнению, за автоматической трансмиссией будущее. В ближайшие годы следует ожидать увеличение ее использования и внедрение новых систем, так как мощности мотоциклов только растут, и отход от данных наработок кажется нереальным.

Литература

1. Ержов, А.М. Обзор новинок / А.М. Ержов // МотоМир. – 2019. – № 2.
2. Латыш, Н.И. Устройство мотоциклов / Н. И. Латыш. – 2-е изд., доп. – Минск: НИО, 2004. – 215 с.
3. Михайлов, С.А. Езда по-европейски: современная трансмиссия / С.А. Михайлов // МОТО ЭКСПЕРТ. – 2019. – 17 июня.
4. Туталин, М.Г. Новинки мотоциклетной техники / М.Г. Туталин // Омоймот. – 2016. – № 3.

АЛМАЗНОЕ ВЫГЛАЖИВАНИЕ

Студенты гр. 10205218 Федорчук П.А., Демиденко И.М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Куранова О.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Алмазное выглаживание является одним из основных видов обработки поверхностным пластическим деформированием, отличается сравнительно малой площадью контакта инструмент-деталь, поэтому применяется при обработке нежестких деталей, прочных и закаленных материалов.

Алмазное выглаживание наружных, внутренних и фасонных поверхностей аналогично обработке роликами и шарами. При алмазном выглаживании обработка поверхностным пластическим деформированием проводится в условиях трения скольжения (с малым коэффициентом трения), а при обкатке роликами и шарами – трения качения. Рабочим инструментом служат простые по конструкции державки с наконечниками из естественных и искусственных алмазов в виде полусферы, цилиндра или конуса. Выглаживают детали жестким или нежестким (подпружиненным) инструментом. Номенклатура деталей, обрабатываемых алмазными выглаживателями, чрезвычайно велика.

Выглаживание является одним из методов отделочно-упрочняющей обработки поверхности пластическим деформированием и заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом – выглаживателем, закрепленным в оправке алмазным кристаллом, который обладает следующими свойствами:

- высокой твердостью;
- низким коэффициентом трения;
- высокой степенью чистоты;
- высокой теплопроводностью.

Выглаживание производится: для уменьшения шероховатости поверхности (отделка), упрочнения поверхностного слоя, повышения точности размеров и форм деталей (калибрование). Прижатый к обрабатываемой поверхности с силой инструмент внедряется в нее на глубину и при своем движении сглаживает исходные неровности. Высота шероховатости в направлении скорости (продольная шероховатость) обычно значительно меньше, чем высота поперечной шероховатости (в направлении подачи). После прохода инструмента происходит частичное упругое восстановление поверхности. Впереди выглаживателя образуется валик пластически деформированного металла, передняя поверхность выглаживателя нагружается гораздо больше, чем задняя поверхность. По этой причине, а также вследствие адгезионного взаимодействия между деталью и инструментом в процессе выглаживания возникает тангенциальная составляющая силы.

Особенность процесса алмазного выглаживания: если при других видах упрочнения полностью или частично удаляется слой металла, деформированный на предыдущей операции, то при алмазном выглаживании тот слой не удаляется, а претерпевает дополнительную упругопластическую деформацию.

Сила выглаживания, больше 200–250 Н для деталей из высокопрочных материалов и больше 100–150 Н для деталей из материалов средней твердости, как правило, нецелесообразна. Основным критерием выбора радиуса сферы инструмента является твердость материала обрабатываемой заготовки: для деталей из мягких сталей и цветных сплавов этот радиус должен составлять 2,5–3,5 мм, для деталей из материалов средней твердости — 1,5–2,5 мм, для деталей из высокопрочных сталей ($HRC > 60$) — 1,0–1,5 мм.

Оптимальные режимы выглаживания для достижения максимального упрочнения несколько «жестче», чем для достижения минимального параметра шероховатости. Для максимального упрочнения следует на 15–40 % увеличить силу выглаживания или на 10–30 % уменьшить радиус инструмента, можно одновременно несколько «ужесточить» оба эти параметра.

При выглаживании с оптимальными режимами обеспечивается степень упрочнения 25–30 % при глубине упрочненного слоя до 0,4 мм и создаются сжимающие остаточные напряжения до 1,2 ГПа.

В целом, алмазное выглаживание позволяет добиться меньшей шероховатости и большей микротвёрдости обработанных поверхностей, нежели накатывание, при снижении глубины наклёпа. Необходимо отметить, что в тех случаях, когда требуется получить чистую поверхность с большой глубиной и степенью упрочнения, следует применять последовательную обработку – сначала обкатывание, а затем выглаживание. Для сокращения числа повторных ходов нужно стремиться подобрать оптимальное давление, позволяющее обработать требуемую поверхность за один рабочий проход. При этом следует иметь ввиду, что путём повторных рабочих ходов может быть повышена лишь степень упрочнения, но не её глубина.

Литература

1. Торбило В.М. Алмазное выглаживание, М., "Машиностроение", 1972
2. Л. Г. Одинцов. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. Справочник. — М.: Машиностроение, 1987. — 328 с.
3. В. Б. Сахов, Ю. П. Лебедев, О. А. Парманин, О. И. Соколов. Ударное вибрационное накатывание. В кн.: Прикладная механика в приборостроении. — Л., 1976.

ВИСКОМУФТЫ, ПРИМЕНЕНИЕ И ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ

Студент гр. 10205118 Болазь А.Г.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Куранова О.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Вискомуфта - вязкостная муфта, часть трансмиссии автомобиля, механизм передачи и выравнивания крутящего момента. В отличие от гидромуфты и гидротрансформатора в вискомуфте использован иной принцип действия. В этом устройстве крутящий момент передается не через динамические свойства потока жидкости, а с использованием вязкостных свойств жидкости, заполняющей внутреннее пространство вискомуфты. Применяется в качестве механизма автоматической блокировки дифференциала.

Эти устройства принципиально отличаются от гидромуфт и гидротрансформаторов тем, что используют вязкость жидкости для передачи момента, в то время как в гидромуфтах для передачи момента используются динамические свойства потока жидкости. Как следствие, вязкостные муфты менее требовательны к охлаждению.

Вязкость вещества возрастает тем больше, чем значительнее разница скоростей. При особо сильном рассогласовании происходит полая блокировка валов за счет того, что свойства дилатантной жидкости становятся аналогичны свойствам твердого тела.

Величина передаваемого момента чувствительна к разнице скоростей вращения входного и выходного вала, но почти не зависит от абсолютных значений этих скоростей.

Устройство и принцип действия

Вискомуфта представляет собой пакет плоских круглых дисков, установленных внутри герметичного корпуса. Пакет дисков состоит из набора ведущих дисков, соединенных с ведущим валом, и набора ведомых дисков, соединенных с ведомым валом. На поверхности дисков располагаются выступы и отверстия. Пакет дисков сформирован таким образом, что ведомые и ведущие диски

вискомуфты перемежаются и находятся друг от друга на предельно малом расстоянии.

Заполняющая внутреннюю полость корпуса муфты дилатантная жидкость, обычно на основе силикона (кремний-органическое вязкое вещество), обладает свойством сгущаться при интенсивном перемешивании. Помимо этого, у такой жидкости большой коэффициент расширения при нагреве, что повышает эффективность вискомуфты, поскольку при перемешивании возникает дополнительный эффект давления на диски муфты, которые под воздействием разогретой жидкости «склеиваются» (то есть прижимаются друг к другу расширяющейся жидкостью).

При равномерном движении ведущего и ведомого валов диски вискомуфты вращаются с одинаковой скоростью. Перемешивания жидкости не происходит, поэтому она не воздействует на пакет дисков. Как только один из валов начинает вращаться быстрее другого, диски пакета вискомуфты приходят во вращение относительно друг друга. Жидкость, заполняющая корпус муфты, интенсивно перемешивается, вязкость ее возрастает, возникающие силы трения между частицами жидкости стремятся уровнять угловые скорости дисков. При очень большой разности скоростей жидкость становится настолько вязкой, что приобретает свойства твердого вещества - вискомуфта, практически, блокируется, а крутящий момент, передаваемый от ведущего к ведомому валу через пластины пакета, достигает максимума.

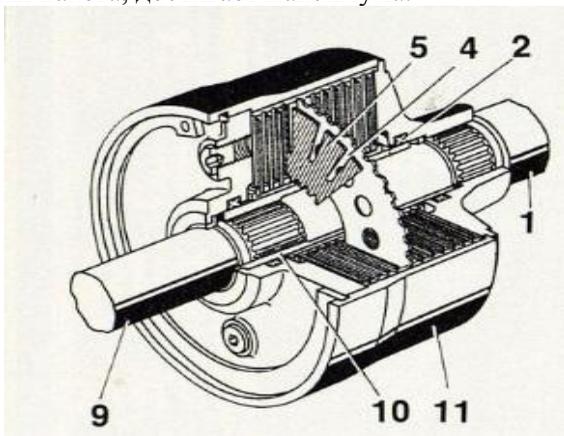


Рис. 1 Конструкция вискомуфты

Простейший вариант такой муфты показан на рисунке 1. Здесь вал 1, связанный карданным валом с главной передачей передних ведущих колес, через шлицы соединен с корпусом 11. На внутренней поверхности его сделаны шлицы, с которыми через зубья соединен пакет тонких дисков, имеющих отверстия. В паре с этими дисками работает другой пакет дисков 5. с продольными пазами, который через шлицевую втулку 10. соединяется с валом 9. привода к задним колесам. Между дисками (их общее количество 59) обоих комплектов — зазоры от 0,2 до 0,4 мм. Отверстия и пазы создают дискам большую контактную поверхность с силиконовой жидкостью. Кстати, она занимает не весь объем, а 90%. Сделано это исходя из того, что при нагреве жидкость расширяется, полностью заполняя все зазоры между дисками, а имеющаяся воздушная подушка сжимается и оказывает давление на диски, уменьшая зазоры между ними.

Изобретение вискомуфт, стало прорывом в машиностроении. Когда удалось синтезировать одну из разновидностей силиконовой (кремнийорганической) жидкости, (использующихся и сегодня в вискомуфтах), мало кто мог предположить, что она вызовет настоящую революцию в автомобильных трансмиссиях, у подавляющего большинства известных нам жидкостей с ростом температуры вязкость уменьшается. У этой же жидкости другие свойства, она ведет себя как газ — при нагреве становится более вязкой.

Как осевой дифференциал вискомуфты на серийных автомобилях не использовались. В качестве механизма автоматической блокировки свободного шестеренчатого осевого дифференциала вискомуфты устанавливаются на некоторые легковые. Основное же применение вискомуфт - установка в качестве межосевого самоблокирующегося дифференциала на легковые автомобили повышенной проходимости. Причем, вискомуфта может применяться как собственно самоблокирующийся дифференциал, так и в виде вспомогательного механизма автоблокировки, работающего вместе с шестеренчатым свободным дифференциалом.

Установка вискомуфты самый простой и недорогой способ синхронизации крутящего момента между двумя ведущими мостами - передним и задним. Поскольку разница крутящих

моментов в обычных дорожных условиях невелика, эффективности и точности срабатывания вискомуфты бывает вполне достаточно, чтобы не допустить проскальзывания передних колес относительно задних (например, при движении автомобиля по сильно пересеченной местности, когда одна пара колес описывает дугу, огибая дорожное препятствие, а вторая в этот момент движется по прямой).

В данный момент автопроизводители повсеместно отказываются от использования вискомуфт, выбирая управляемые принудительно муфты Haldex, поскольку использовать вискомуфту с системой ABS (антиблокировочной системой колёс) проблематично.

При проезде поворота, внутреннее и внешнее колеса на одной оси проходят разный путь. Если два колеса жестко соединить между собой, заставив двигаться строго синхронно, колесо, идущее по внутренней траектории, будет проскальзывать. В результате увеличатся нагрузки на трансмиссию, ухудшится управляемость, сильно ускорится износ резины, вырастет расход топлива. Для обеспечения разности скоростей вращения на ведущей оси применяют дифференциал.

Литература

Гулия Н. В., Клоков В. Г., Юрков С. А. Детали машин. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — С. 217. — ISBN 5-7695-1384-5. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиниста: В 3 т. / Под ред. И. Н. Жестковой. — 8-е изд., перераб. и доп.. — М.: Машиностроение, 2001. — Т. 2. — 212 с. Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. — 2-е изд. — М.: Машиностроение, 1982. — С. 224.

ОЦЕНКА ВЫБОРА БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Студент гр. 1020511 Здор Д.В, Зотов А.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Куранова О.В

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Долото буровое, основной элемент бурового инструмента для механического разрушения горной породы на забое скважины в процессе её проходки. Термин "долото" сохранился от раннего периода развития техники бурения, когда единственным способом проходки скважин было ударное бурение, при котором долото буровое имело сходство с плотничным инструментом того же наименования. Долото буровое, как правило, закрепляют в конце бурильной колонны, которая передаёт ему осевое и окружное усилие, создаваемое буровой установкой (в случае ударного бурения долото буровое подвешивается на канате и наносит удары по забою скважины за счёт энергии свободного падения).

Долото шарошечное — разновидность бурового оборудования, породоразрушающий дробящий, дробящее-скалывающий инструмент карьерных станков вращательного бурения, с вооружением шарошки в виде фрезерованных на ней зубьев различной длины и конфигурации или впрессованных на нее штырей из твёрдого сплава — карбида вольфрама, применяемый для механического разрушения горной породы от мягкой до очень крепкой в процессе бурения скважины. Этими долотами бурят эксплуатационные (нефтяные, газовые и водяные), разведочные, поисковые, опорные, инженерно-геологические, гидрогеологические, гидротехнические, строительные, взрывные, вентиляционные и многие другие скважины.

Шарошечные долота представляют собой наиболее универсальный породоразрушающий буровой инструмент, поскольку область их применения охватывает практически все многообразие горных пород. Эти долота наиболее производительны при бурении геологоразведочных (сплошным забоем) и взрывных скважин в крепких породах. Породоразрушающим элементом

(вооружением) шарошечных долот служат фрезерованные зубья или запрессованные твердосплавные зубки и комбинации зубьев с зубками на поверхности шарошек. Для повышения износостойкости фрезерованных зубьев шарошек от абразивного износа их наплавляют твёрдым сплавом, состоящим из зёрен карбидов вольфрама. Геометрическая форма и параметры породоразрушающих элементов (высота и длина зубьев, угол заострения и притупления их вершин, частота расположения зубьев на каждом венце шарошек) для различных горных пород различны и буровые долота, зависящие от физических свойств горных пород. Зубья на конусах шарошек, как правило, имеют клиновидную форму; твердосплавные зубки клиновидную или полусферическую рабочие поверхности.

Конструкция корпусного долота:

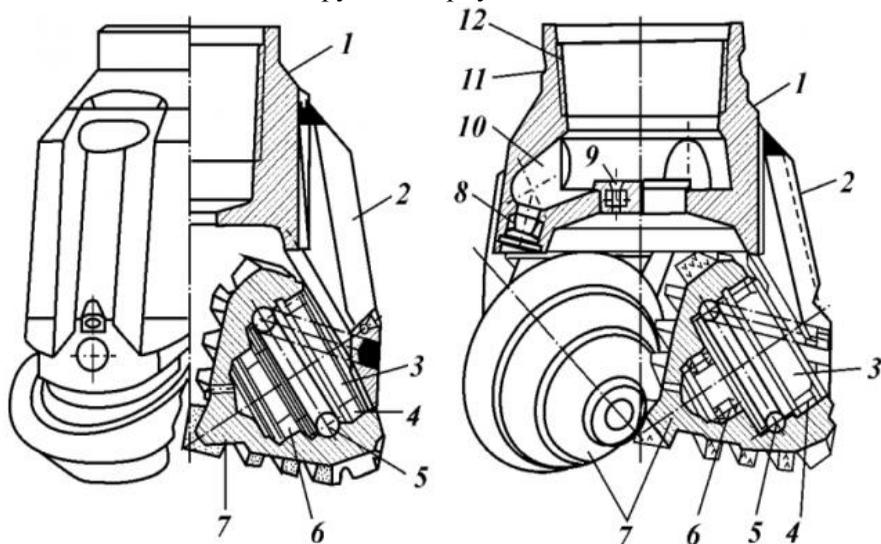


Рис. 1 Корпусное трехшарошечное долото

1 – корпус (литой); 2 – лапы; 3 – цапфа; 4 – подшипник; 5 – подшипник; 6 – подшипник; 7 – шарошки; 8 – сопло; 9 – сопло; 10 – каналы; 11 – присоединительная головка; 12 – присоединительная резьба.

Разрушение горных пород является основной операцией при добыче и переработке полезных ископаемых. В процессе бурения скважин важную роль играет качество проходки бурового долота и качество забоя. Правильный подбор буровых долот для соответствующей горной породы, соблюдение техники бурения и качественной промывки скважин позволяет добиться высокой скорости бурения с минимальными потерями бурового инструмента. При бурении твердых и глубоких пород лучше подходят шарошечные или алмазные долота.

На территории Беларуси шарошечные долота применяются на таких глобальных предприятиях, как: ОАО "Беларуськалий", ПО "Белоруснефть", ОАО "Доломит" и т.д.

В настоящее время разрабатываются новые виды долот. С использованием современных технологий производства удастся получить долота с высоким сроком службы, большой проходкой и скоростью работы, что позволяет уменьшать энергозатраты на процесс бурения скважин, а также эффективно проводить сверхглубокие и горизонтальные скважины.

Литература

Корнилов Н.И. "Буровой инструмент для геологоразведочных скважин" / Н.И. Корнилов, Н.Н. Бухарев, А.Т. Киселев / под ред. Н.И. Корнилова. –М.: Недра, 1990. А.О. Шигин, А.В. Гилёв. Сибирский федеральный университет. Брылов С.А. "Горно-разведочные работы: учебник для вузов" / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комащенко. –М.: Недра, 1989. Султанов Б.З. Забойные буровые машины и инструмент / Б.З. Султанов, Н.Х. Шаммасов. –М.:Недра, 1976

ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Студент гр. 10205118 Здор Д.В., Зотов А.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Куранова О.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Буровое долото испытывает при работе значительные статические и динамические осевые нагрузки, и действие переменного крутящего момента. Поэтому их конструкция должна быть рассчитана на экономически обоснованный срок службы, так как долото является инструментом одноразового использования. Восстановление долот экономически не оправдывается при современной технике их производства. Попытки создания долот со сменными рабочими органами до настоящего времени не дали положительных результатов.

При бурении горных пород буровой инструмент и буровой став испытывают спектр сложных нагрузок. Наиболее сложным механическим узлом бурового става является буровой инструмент. Его детали испытывают сложнейшие по структуре и величине нагрузки, однако, он имеет ресурс, в основе которого лежат механические свойства материалов. В 80% случаев шарошечный буровой инструмент (ШД) отказывает в работе по причине разрушения подшипниковых узлов. Подшипники качения шарошек испытывают сложную циклическую нагрузку:

1. Циклическая нагрузка на тело качения подшипника при качении шарошки по забюю описывается уравнениями расчётного ресурса подшипника, в том числе:

$$L = 10^6 * a_1 * a_2 * a_3 * \left(\frac{C}{P}\right)^k$$

где L – расчётный ресурс подшипника, об.; a1 – коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от надёжности; a2 – коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от особых свойств подшипника; a3 – коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от условий работы подшипника; C – грузоподъёмность подшипника, Н; P – нагрузка, Н; k – показатель степени, равный в

соответствии с результатами экспериментов: $k = 3$ – для шариковых.

Для подшипника шарошки расчётный ресурс следует измерять числом циклов нагружения. Максимальное напряжение в ролике подшипника качения:

$$\sigma_{\text{ш}}^{\text{max}} = 600 * \sqrt[3]{\frac{F_r}{z * D_p * L_p}}$$

максимальное напряжение в шарике подшипника качения:

$$\sigma_{\text{ш}}^{\text{max}} = 1800 * \sqrt[3]{\frac{F_r}{z * D_{\text{ш}}^2}}$$

где F_r – радиальное усилие, прилагаемое к подшипнику, Н; z – количество тел качения в подшипнике; D_p – диаметр ролика, мм; L_p – длина ролика, мм; $D_{\text{ш}}$ – диаметр шарика, мм.

Ресурс подшипника с учётом дополнительной циклической нагрузки:

$$L = 10^6 * \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{\sigma_{\text{н}}}\right)^{10/3} * \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\text{а}} * \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\text{в}}} * \sigma_{\text{м}}}$$

где σ_{-1} – предел выносливости материала, МПа; $\sigma_{\text{а}}$ – амплитуда переменных напряжений цикла, МПа; $\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности материала, МПа; $\sigma_{\text{м}}$ – среднее напряжение цикла, МПа;

$$\sigma_{\text{а}} = \frac{\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}}}{2}$$

$$\sigma_{\text{а}} = \frac{\sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{min}}}{2}$$

где σ_{max} и σ_{min} – максимальное и минимальное напряжения, возникающие при ударах при увеличении крепости горной породы либо при перекатывании зубьев шарошки, МПа.

Циклическая нагрузка при перекатывании шарошки с зубка на зубок характеризуется ударными нагрузками, возникающими при ударе очередного зубка о поверхность забоя. Данный процесс характеризуется изменением кинетической энергии и переходом последней в энергию механического удара. Изменение кинетической энергии бурового органа характеризуется изменением скорости. Средняя скорость движения бурового инструмента равна

скорости бурения. Но при перекачивании шарошки в поверхность забоя поочередно ударяются зубки А, Б и В, и шарошка вращается согласно направлению стрелки (рис. 1).

Уровень энергии, с которой зубья шарошки опускаются на забой, характеризуется мощностью, передаваемой от привода подачи и привода вращения, передаваемой к рабочему органу:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{\Delta E}{t} = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{2 * t}$$

где N – мощность, передаваемая от привода подачи к буровому инструменту бурового станка с учетом КПД подачи, Вт; ΔE – изменение кинетической энергии при продвижении бурового инструмента через породу, Дж; m – эквивалентная масса, характеризующая массу рабочего органа и энергию подающего привода, кг; v_1 и v_2 – скорость равномерного продвижения бурового инструмента при бурении породы 1 и 2 с соответствующими физико-механическими свойствами, м/с (здесь порода 2 имеет показатель буримости больше чем порода 1); t – время переходного процесса, т.е. период, за который скорость подачи бурового инструмента изменяется от значения 1 до значения 2. В случае с перекачиванием зубьев шарошки v_1 – скорость отдельного зубца шарошки при $h_2 = x/2$, а $v_2 = 0$.

Напряжение в ролике подшипника качения шарошки, возникающее при ударе, равно:

$$\sigma_{p.уд.}^{max} = 600 * \sqrt[3]{\frac{F_r}{z * D_p * L_p} * \frac{2v_1}{2v_1 - \Delta v}}$$

Напряжение в шарике подшипника качения шарошки, возникающее при ударе, равно:

$$\sigma_{ш}^{max} = 1800 * \sqrt[3]{\frac{F_r}{z * D_{ш}^2} * \frac{2v_1}{2v_1 - \Delta v}}$$

Напряжение в шарике подшипника качения шарошки, возникающее при ударе, равно:

$$\sigma_{\text{ш}}^{\text{max}} = 1800 * \sqrt[3]{\frac{F_r}{z * D_{\text{ш}}^2} * \frac{2(v_6 + v_s/2)}{2(v_6 + v_s/2) - v_s/2}}$$

При расчете коэффициента износа. Коэффициент износа рабочей поверхности долота Θ_z характеризует темп падения мгновенной механической скорости в процессе работы долота на забое и представляет собой обратную величину логарифмического декремента убывания указанной скорости. Значение Θ_z зависит от абразивных свойств породы, износостойкости рабочей поверхности долота и параметров режима бурения.

Для достижения высоких технико-экономических показателей бурения скважин необходим постоянный контроль за технологическим процессом и оперативное управление работой долота. Указанный контроль и оперативное управление должны осуществляться бурильщиком с его поста и инженером с диспетчерского пункта.

Правильная обработка долот имеет большое значение в достижении высоких показателей их работы, а следовательно в ускорении строительства скважин и в снижении стоимости бурения. Огромную роль при этом играет знание особенностей различных типов и моделей долот, закономерностей работы долота на забое, влияния главнейших факторов на показатели работы долот и правильное применение этих знаний к конкретным условиям бурения.

Литература

В.Г. Беликов, С.А. Посташ. “Рациональная обработка и износостойкость шарошечных долот” –М.: Недра, 1972. А.О. Шигин, А.В. Гилёв. “МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСТАЛОСТНОЙ Сибирский федеральный университет. В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин. “Долговечность буровых долот ” –М.: Недра, 1977. Султанов Б.З. Забойные буровые машины и инструмент / Б.З. Султанов, Н.Х. Шаммасов. –М.:Недра, 1976.

РОТОРНОЕ БУРЕНИЕ

Студент гр. 10205118 Атрошкин А.Э

Научный руководитель – к.т.н., доцент Куранова О.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Для передачи вращения бурильной колонне при роторном бурении, восприятия реактивного крутящего момента колонны, создаваемого забойными двигателями при турбинном бурении, при бурении электробуром используется ротор (рис.1).

Реактивный момент воспринимается квадратными вкладышами, надетыми на ведущую трубу, и специальным стопорным устройством в створе ротора, при включении которого вращение стола становится невозможным.

Для механизации процессов и облегчения труда рабочих при спускоподъемных операциях современные роторы укомплектовываются пневматическими клиновыми захватами с набором клиньев для бурильных труб различных размеров.

Диаметр отверстия в столе ротора определяет проходной размер долота и характеризует основные размеры ротора. Максимально допустимая нагрузка определяет нагрузочные возможности ротора. Между допустимой нагрузкой и диаметром отверстия существует соотношение, при котором ротор с определенным диаметром отверстия, как правило, соответствует нагрузкам, определяемым конструкцией скважины.

Применение пневматических клиновых захватов облегчает труд буровых рабочих и ускоряет процесс спускоподъемных операций.

Пневматические клиновые захваты (рис. 3) предназначены для механизированного захвата и удержания на весу бурильных труб в столе ротора при спускоподъемных операциях и обсадных труб при спуске в скважину.

Пневматические клинья, встраиваемые в ротор, выпускаются в настоящее время почти для всех роторов глубокого эксплуатационного и разведочного бурения.

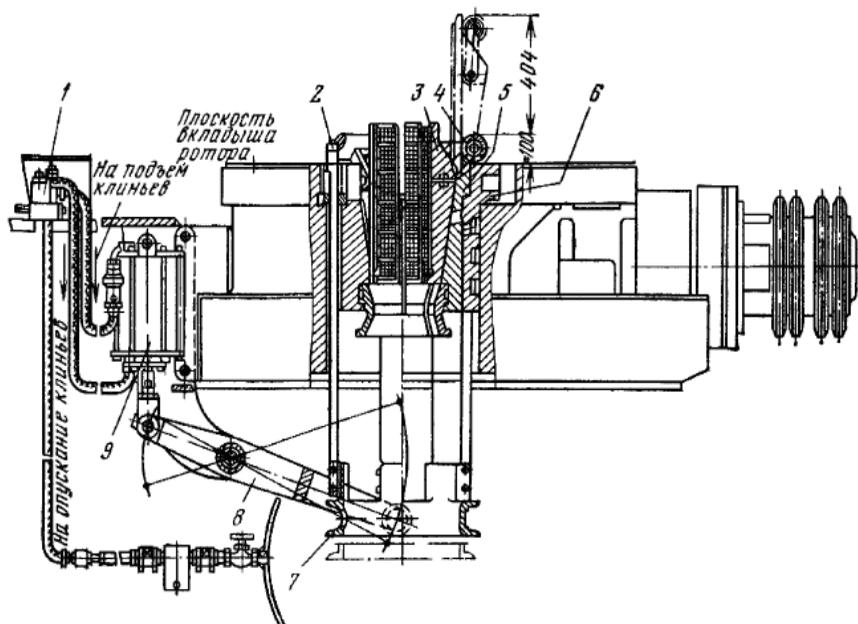


Рис.3 – Пневматический клиновый захват

Механизм состоит из корпуса «6», двух вкладышей «5», четырех клиньев «3», подвешенных к направляющим «2», связанных между собой снизу кольцом «7», державок «4», пневматического цилиндра «9», предназначенного для подъема и опускания клиньев при помощи рычага «8», и крана управления «1». Четыре клина «3» предварительно собирают вместе и с помощью державок «4» присоединяют к верхним концам направляющих.

Долговечность ротора зависит в основном от величины действующих нагрузок, конструкции и качества его изготовления, монтажа зубчатой передачи и подшипников.

Конические зубчатые колеса передачи изготавливаются со спиральным или косым зубом с углом наклона $\beta \leq 10^\circ$, твердость поверхности его рабочих профилей должна быть не ниже HRC 45.

Так как окружные скорости конической передачи достигают 15—20 м/с и более, передача изготавливается не ниже чем по третьему

классу точности. В роторах передаточное отношение обычно $u=2,5\div 5$.

Поскольку размеры ведомого колеса определяются конструктивно диаметром проходного отверстия стола ротора, число его зубьев выбирается в зависимости от модуля, полученного расчетным путем, и передаточного отношения. Модуль конической пары обычно равен 12—16 мм.

Ширина зубчатых колес для конических передач $b \leq 0,2 E$, где E — конусная дистанция; ширина шестерен $b = (0,15 \div 0,2) A$, где A — межцентровое расстояние передачи.

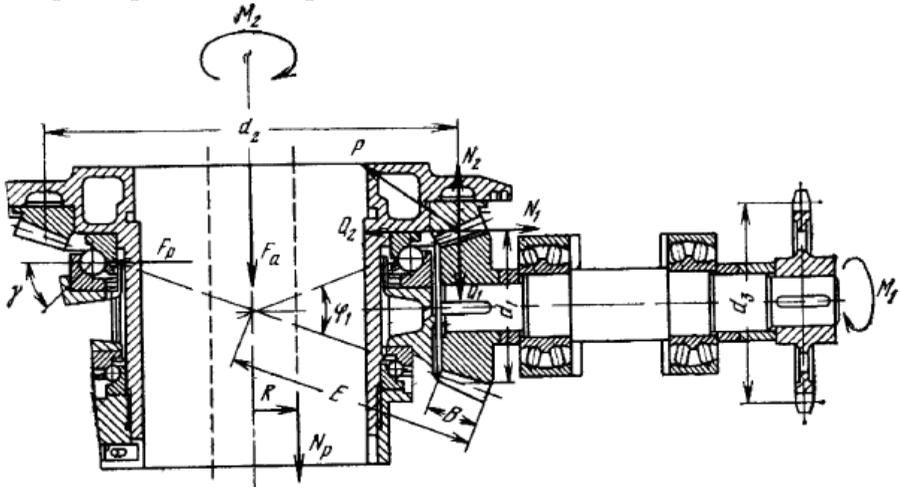


Рис.4 – Расчётная схема ротора

Литература

Ильский А.Л. Расчет и конструирование бурового оборудования. Учебник для ВУЗов.- М. Недра, 1985-452с. Поляков В.П., Смирнов В.Н., Константинов А.А. Буровые установки завода Баррикады. - М.: Недра, 1972. - 288 с.

Электронное научное издание

НИРС МСФ-2020

**Сборник материалов
76-й студенческой научно-технической конференции**

Секции «Детали машин» и «Механика»

Машиностроительный факультет

Белорусский национальный технический университет

*E-mail: mparts@bntu.by
<http://www.bntu.by/msfptm.html>*