

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЕЗДОБРАЗОВАНИЯ НА ТЕХНИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ С ГРАФИКОМ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Показано, что одним из способов обеспечения эффективности и надежности графика движения является использование гибких весовых норм. В результате проведенных исследований условий работы сортировочных станций при отправлении поездов с использованием гибких норм массы и длины составов, установлено, что гибкое управление поездообразованием позволит сократить межоперационные простои, в том числе простой составов в ожидании отправления на 60–80 %.

Ключевые слова: поездообразование, сортировочная станция, график движения поездов, простой составов.

Стахорный Дмитро Борисович, кафедра управління експлуатаційною роботою, Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, Україна, e-mail: stah1990@mail.ru.

Малахова Олена Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра управління експлуатаційною роботою, Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, Україна, e-mail: alena__mal@mail.ru.

Стахорный Дмитрий Борисович, кафедра управления эксплуатационной работой, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, Украина.

Малахова Елена Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра управления эксплуатационной работой, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, Украина.

Stakhorny Dmytro, Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: stah1990@mail.ru.

Malakhova Olena, Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: alena__mal@mail.ru.

УДК 621.313

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.28086

**Харитонов А. А.,
Ликаренко А. Г.,
Мельник О. Е.,
Ляхова Н. Н.**

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВЕНТИЛЬНОЙ СХЕМЫ КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЗВ С ДВУХОБМОТОЧНЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ РЕЛЕ

Представлена усовершенствованная методика расчета вентильной схемы контроля изоляции ЗВ с двухобмоточным измерительным реле. Для этого установлены условия его срабатывания на основе зависимости результирующих ампервитков двухобмоточного реле от всех элементов схемы. Предложена новая методика расчета и произведена оптимизация параметров схемы УАКИ-380 для достижения увеличения ее чувствительности с 0,33 до 0,63 мА/кОм при тех же функциональных характеристиках.

Ключевые слова: реле утечки, чувствительность схемы, обмотка, вентиль, изоляция, срабатывание реле, ток.

1. Введение

Эффективность функционирования устройств защитного отключения принято оценивать по выполнению ими предельного числа функций одновременно и каждой в отдельности с предельным эффектом [1, 2].

При этом приемлемая полноценность функционирования устройств обеспечивается выполнением заложенных в их функциональные схемы минимального заданного числа необходимых свойств, которые определяются соответствующими требованиями электробезопасности и эксплуатации.

С точки зрения требований эксплуатации эффективность устройств защитного отключения должна характеризоваться экономичностью и функциональными свойствами — селективностью, устойчивостью функционирования и надежностью. Сочетание первых двух функциональных свойств приводит к техническому совершенству защиты.

Актуальность работы заключается в создании новой методики расчета вентильной схемы контроля изоляции ЗВ с двухобмоточным измерительным реле для оптимизации параметров схемы УАКИ-380.

2. Постановка проблемы

При постановке реле утечки УАКИ-380 на производство считалось, что в нем реализован дифференциальный метод контроля сопротивления изоляции [3], обеспечивший ему более высокую чувствительность схемы перед аналогами. Однако теоретические исследования не подтвердили этого и более того, позволили установить, что в схеме УАКИ не выполнено основное требование дифференциального метода [4]: запирание вентиля, соединяющего обмотки реле должно происходить до момента его срабатывания. Оказалось, что при установке критического сопротивления изоляции 3,85 кОм вентиль запирался только при 0,28 кОм. В результате

открытого состояния вентиля, влияние тормозной обмотки на чувствительность исходной схемы контроля ЗВ стало отрицательным и вызвало ее снижение практически вдвое: с 0,63 до 0,3 мА/кОм.

Для устранения указанных недостатков и повышения надежности схемы реле утечки УАКИ-380 необходимо решить задачи:

- а) произвести перерасчет параметров схемы и обеспечить правильную реализация дифференциального метода контроля изоляции;
- б) исследовать усовершенствованную схему УАКИ-380 и разработать методы повышения ее чувствительности до уровня аналогов.

3. Анализ литературных данных

Исследованию и разработке устройств защиты от утечек тока в шахтных контактных сетях было посвящено большое число работ, в том числе и зарубежных [4, 5]. Известны достижения в этой области школ Днепропетровского, Московского горных институтов, Криворожского горнорудного института, Донецкого, Пермского, Ташкентского политехнических институтов, отраслевых научно-исследовательских институтов — МакНИИ, ВостНИИ, ВНИИБТГ, ВНИПИрудмаш, ДонУГИ и разработок международных электротехнических комиссий [6, 7].

Несмотря на большое количество исследований и практических разработок, серийное производство было начато только одного устройства защиты от утечек тока в контактных сетях шахт типа УЗО-300, разработанного МакНИИ совместно с Днепропетровским заводом шахтной автоматики. Однако на горнорудных шахтах оно не испытывалось и не применялось, так как условия эксплуатации здесь существенно отличаются от условий угольных шахт, для которых оно разрабатывалось. Основным препятствием явилось то, что на рудных шахтах интенсивные грузопотоки электровозной откатки требуют параллельной работы тяговых агрегатов, которые функционально входили в состав этой аппаратуры [8]. Кроме того, в рудных шахтах гораздо более низкий уровень сопротивления изоляции, а это требовало адаптации к нему устройства защиты.

4. Оптимизация параметров схемы УАКИ-380 для достижения максимальной ее чувствительности при тех же функциональных характеристиках

Обоснование методики расчета схемы УАКИ-380 и ее перерасчет, обеспечивший запирание вентиля при сохранении технических характеристик [3]. Методика расчета базируется на математических моделях, полученных из условий срабатывания УАКИ [9] в виде результирующих ампервитков его двухобмоточного реле и учитывающих влияние всех элементов схемы и сопротивления изоляции сети [10]. С целью исследования факторов, определяющих чувствительность схемы УАКИ-380, ее выражение представлено в виде трех сомножителей. Первый $\sigma_{ЗВ}$ определяет чувствительность базовой схемы контроля изоляции ЗВ, а остальные — это коэффициенты, определяющие изменение чувствительности под

воздействием следующих факторов: $K_{Д(0)}$ — делителя напряжения; $K_{(T)}$ — двухобмоточного реле с тормозной обмоткой. Для промышленных образцов УАКИ-380:

$$\sigma_{ЗВ} = 0,39 \text{ мА/кОм}; K_{Д(0)} = 1,483; K_{(T(0))} = 0,513.$$

Анализ [11, 12] выражений чувствительности схемы УАКИ-380 показал, что из базовых величин на нее существенное влияние оказывают: $K_{Д}$ — коэффициент отношения сопротивлений делителя напряжения; $P_{СХ(М)}$ — максимальная мощность потребляемая схемой; $I_{P(СР)}^*$ — относительное значение тока срабатывания реле от рабочей обмотки, при базовой величине — оперативный ток через изоляцию.

Зависимости чувствительности схемы УАКИ-380 от этих факторов и состояния вентиля обмоток реле, представлены на рис. 1 и 2 (базовое значение — чувствительность схемы ЗВ).

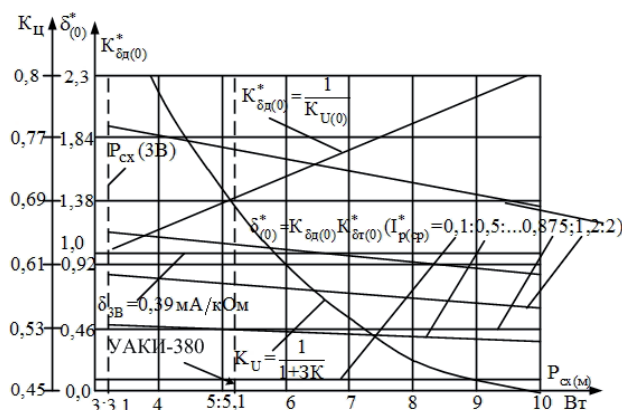


Рис. 1. Зависимости чувствительности схемы УАКИ-380 от потребляемой мощности при открытом вентиле обмоток реле в относительных единицах

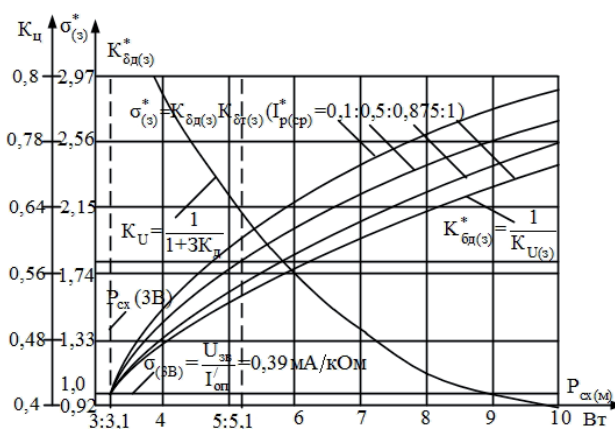


Рис. 2. Зависимости чувствительности схемы УАКИ-380 от потребляемой мощности при закрытом вентиле обмоток реле в относительных единицах

Из анализа представленных на них графиков можно сделать выводы:

- а) коэффициент деления напряжения $K_{Д}$ связан с потребляемой схемой мощностью $P_{СХ(М)}$ обратной зависимостью и при минимально возможной для принятых базовых условий срабатывания величине мощности $P_{СХ(М)} = 3,1$ Вт он равен единице, т. е.

в этом случае сопротивление плеча делителя, находящееся в цепи вентиля, равно нулю. При потребляемой схемой мощности 10 Вт коэффициент деления напряжения составит: при открытом вентиле обмоток — 0,437, а при закрытом — 0,485;

б) коэффициент влияния делителя напряжения на чувствительность схемы ЗВ есть величина обратная коэффициенту K_U и находится в прямой связи о величиной потребляемой мощности $P_{CX(M)}$. При возрастании последней от минимально возможной величины 3,1 Вт до 10 Вт, делитель напряжения увеличивает чувствительность исходной схемы ЗВ: при открытом вентиле обмоток в 2,33 раза, а при закрытом — в 2,29 раз;

в) коэффициент влияния тормозной обмотки на чувствительность схемы ЗВ при открытом состоянии вентиля обмоток всегда меньше 1, а при закрытом — больше 1. При закрытом состоянии вентиля обмоток, коэффициент влияния тормозной обмотки $K_{T(0)}$ находится в прямой зависимости от относительного значения тока срабатывания реле от рабочей обмотки, при базовом значении оперативного тока 10 мА, и в обратной — от потребляемой мощности $P_{CX(M)}$. В последнем случае связь маловыраженная, а в первом — в диапазоне тока срабатывания 0–2 колебания коэффициента $K_{T(0)}$ составляют 0–1,9, т. е. зависимость практически прямо пропорциональная;

г) при закрытом вентиле обмоток реле коэффициент влияния тормозной обмотки на чувствительность схемы $K_{T(3)}$ находится в обратной зависимости от потребляемой мощности $P_{CX(M)}$ относительного значения тока срабатывания $I_{P(CP)}^*$ рабочей обмотки. Однако с мощностью связь коэффициента слабовыраженная, а с током срабатывания $I_{P(CP)}^*$ существенная, при коэффициенте пропорциональности порядка 0,35. Для схемы УАКИ-380 относительное значение тока срабатывания $I_{P(CP)}^*$ с оставляет 0,875, а коэффициент чувствительности схемы $K_{T(3)} = 1,04$, т. е. в этой схеме эффект повышения чувствительности за счет тормозной обмотки практически отсутствует. Поэтому основным фактором, повышающим чувствительность схемы УАКИ-380 [13], следует признать параметры делителя напряжения [14] (рис. 2).

На рис. 3 представлены графики зависимостей коэффициента отношения чувствительностей схемы при закрытом и открытом вентиле обмоток реле, построенные по выражению (1).

$$\begin{aligned} K_{PT(CP)} &< K_{PT(PC)}; (K_{ш} < 1), \\ K_{PT(CP)} &> K_{PT(PC)}; (K_{ш} > 1), \\ R_{ш(P)} &= \frac{R_p K_{ш(<1)}}{1 - K_{ш(<1)}}; R_{ш(T)} = \frac{R_{ЭТ}}{K_{ш(<1)} - 1}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $R_{ш(P)}$, $R_{ш(T)}$ — резисторы, шунтирующие соответственно рабочую и тормозную обмотки реле.

Обозначения на схеме: $\sigma_{(3)}$, $\sigma_{(0)}$ — чувствительности схемы при закрытом и открытом вентиле обмоток реле; $I_{P(CP)}$ — относительный ток срабатывания реле от рабочей обмотки; $K_{U(3)}$, $K_{U(0)}$ — коэффициенты деления напряжения схемы при открытом и закрытом вентиле обмоток реле; $K_{сд(3)}$, $K_{сд(0)}$ — коэффициенты влияния делителя напряжения на чувствительности схемы при открытом и закрытом вентиле обмоток реле; $K_{\sigma T(3)}$,

$K_{\sigma T(0)}$ — коэффициенты влияния тормозной обмотки на чувствительность схемы при открытом и закрытом вентиле обмоток реле; $\sigma_{(ЗВ)}$ — чувствительность исходной схемы контроля изоляции ЗВ; K_d — коэффициент отношения плечей делителя напряжения схемы ЗВ.

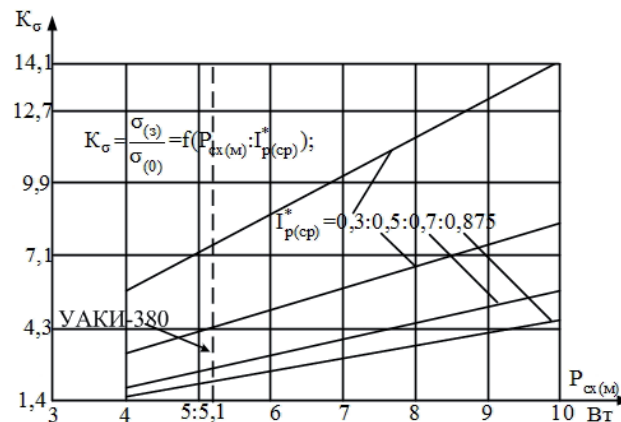


Рис. 3. Зависимости коэффициента отношения чувствительностей схемы УАКИ-380 при открытом и закрытом вентиле обмоток реле от максимальной мощности $P_{CX(M)}$ и относительного тока срабатывания реле от рабочей обмотки (базовое значение — оперативный ток 10 мА)

Из анализа графиков этих зависимостей можно сделать следующие выводы:

а) коэффициент отношения чувствительностей K_{σ} связан практически прямой линейной зависимостью с потребляемой схемой мощностью $P_{CX(M)}$, а обратной линейной — с относительным током срабатывания от рабочей обмотки $I_{P(CP)}^*$, при следующих коэффициентах пропорциональности: мощность — 0,4; ток — 0,34; коэффициент — 0,286–0,314;

б) абсолютное значение коэффициента отношения чувствительностей выражающего эффект увеличения чувствительности схемы за счет запирающего указанного вентиля, колеблется в пределах 1,6–48,0. Наиболее сильно этот эффект проявляется при относительном значении тока срабатывания реле от рабочей обмотки $I_{P(CP)}^* = 0,1$, где коэффициенты пропорциональности существенно отличаются: ток — 0,11; коэффициент отношения чувствительностей $K = 0,09$;

в) увеличение чувствительности схемы промышленных образцов УАКИ-380 за счет запирающего вентиля соединяющего обмотки реле составляет 2,1 раза и обеспечивается переходом с отрицательного влияния тормозной обмотки на чувствительность на положительное. Однако доля положительного влияния является низкой 1,04, а уровень чувствительности схемы УАКИ-380 все равно не достигает уровня чувствительности аналога реле утечки РУВ (0,63 против 0,1 мА/кОм);

г) резервами повышения чувствительности схемы УАКИ-380 являются пути увеличения мощности потребляемой схемой и снижения относительного значения тока срабатывания реле от рабочей обмотки. Так, при увеличении мощности с 5,1 до 10 Вт чувствительность схемы УАКИ-380 повышается с 0,63 до 1,0 мА/кОм, а при снижении относительного значения тока срабатывания от рабочей обмотки с 0,875 до 0,3 повышается до 0,73 мА/кОм. Однако первый путь, хотя и эффективен, но является малоперспективным из-за ухудшения

теплого режима рудничного и взрывобезопасного электрооборудования, встраиваемого в закрытые обмотки, а второй — не обеспечивает существенного повышения уровня чувствительности;

д) дальнейшее повышение чувствительности схемы УАКИ-380 после обеспечения запирающего вентильного обмотки реле до его срабатывания является нецелесообразным, так как:

- применение более глубокого деления напряжения в схеме ЗВ ограничивается существенным ростом тепловых потерь в ней, с пропорциональностью порядка 0,1 мА/кОм чувствительности на 1,0 Вт мощности;
- дифференциальный метод включения двухобмоточного реле существенного роста чувствительности не обеспечивает (порядка 4–10 %), а его достоинством следует признать только снятие ограничений в выборе относительного значения тока срабатывания реле от рабочей обмотки (по отношению к оперативному току).

5. Обсуждение результатов исследования оптимизации параметров схемы УАКИ-380

Применение реле утечки в шахтных электрических сетях согласно требованиям Правил безопасности, есть обязательным.

Использование результатов исследования параметров схемы УАКИ-380 позволит повысить надежность реле утечки, которое предназначено для защиты людей от поражения электрическим током в сетях низкого напряжения с изолированной нейтралью. Кроме того, реле утечки снижает вероятность воспламенения рудничного газа и угольной пыли токами утечки.

Усовершенствование реле утечки путем перерасчета параметров схемы обеспечило правильную реализацию дифференциального метода контроля изоляции и повысило ее чувствительность до уровня аналогов.

6. Выводы

В результате проведенных исследований:

1. Усовершенствована методика расчета вентильной схемы контроля изоляции с двухобмоточным измерительным реле.
2. Установлены условия срабатывания УАКИ-380 на основе зависимости результирующих ампервитков двухобмоточного реле от всех элементов схемы, включая состояние четвертого вентильного соединяющего обмотки реле, и сопротивление изоляции.
3. Предложена новая методика расчета и произведен новый расчет схемы промышленного реле УАКИ-380.
4. Достигнуто увеличение чувствительности схемы реле УАКИ-380 с 0,33 до 0,63 мА/кОм при сохранении всех функциональных характеристик.

Литература

1. Колосюк, В. П. Защитное отключение рудничных электроустановок [Текст] / В. П. Колосюк. — М.: Недра, 1980. — 463 с.
2. Бунько, В. А. Повышение безопасности рудничной электроустановки откатки [Текст] / В. А. Бунько, С. А. Волотовский, Г. Г. Пивняк. — М.: Недра, 1978. — 200 с.

3. Ликаренко, А. Г. Исследование и совершенствование средств защитного отключения электрических сетей напряжением до 1000 В шахт и карьеров [Текст]: дисс. канд. техн. наук: 05.09.03 / А. Г. Ликаренко. — М.: МГИ, 1976. — 152 с.
4. Штепан, Ф. Устройства защитного отключения, управляемые дифференциальным током [Текст] / Ф. Штепан; под ред. В. И. Мозырского. — Прага, 2001. — 81 с.
5. Yadav, M. Analysis of Leakage Reduction Technique on Different SRAM Cells [Text] / M. Yadav, S. Akashe, Y. Goswami // International Journal of Engineering Trends and Technology. — 2011. — Vol. 2, Iss. 3. — P. 78–83.
6. PD 6519-1:1995, IEC 60479-1:1994 Guide to effects of current on human beings and livestock. General aspects [Electronic resource]. — Published: April 1995. — Replaced By: DD IEC/TS 60479-1:2005. — Available at: \www/URL: http://www.bjep.org.cn/UploadFiles/Users/admin/2013/p/admin20130505153537204.pdf.
7. Zelligui, M. Impact of GCSC on IDMT directional overcurrent relay in the presence of phase to earth fault [Text] / M. Zelligui, R. Benabid, A. Chaghi, M. Boudour // Serbian Journal of Electrical Engineering. — 2013. — Vol. 10, № 3. — P. 381–398. doi:10.2298/sjee130505011z.
8. Bondarenko, E. A. Determination technique of overload capacity of contact voltage and currents [Text] / E. A. Bondarenko // Materials of the 2dn International scientific conference «European Science and Technology», May 9th–10th, 2012. — Wiesbaden, Germany: «Bildungszentrum Rodnik e. V.», 2012. — Vol. II. — P. 189–193.
9. Бухтояров, В. Ф. Система обеспечения электробезопасности при эксплуатации электроустановок разрезов [Текст]: сб. науч. трудов УкрНИИпроект / В. Ф. Бухтояров // Безопасное ведение работ на разрезах. — 1981. — С. 43–48.
10. Желиховский, Х. М. Метод расчета параметров защиты от утечек типа УАКИ в шахтных электрических сетях [Текст] / Х. М. Желиховский // Горная электромеханика и автоматика. — 1971. — Вып. 18. — С. 14–16.
11. Волкотруб, С. А. Устройства защитного отключения контактных сетей [Текст] / С. А. Волкотруб, К. А. Грын, В. П. Колосюк, В. В. Радюков // Труды II Всесоюзной научно-технической конференции «Электробезопасность на горнорудных предприятиях черной металлургии СССР». — Днепропетровск, 1982. — С. 88–89.
12. Сычев, Л. И. Емкость кабеля, применяемого в подземных электрических сетях до 1000 В относительно земли [Текст] / Л. И. Сычев // Безопасность труда в промышленности. — 1976. — № 7. — С. 40–42.
13. Кочетков, В. Д. Разработка и исследование средств автоматической защиты от утечек тока в шахтных низковольтных электрических сетях [Текст]: автор. дисс. канд. техн. наук. / В. Д. Кочетков. — Новочеркасск: НПИ, 1970. — 15 с.
14. Желиховский, Х. М. Делители напряжения в схемах защиты от утечек с трехфазным выпрямителем [Текст] / Х. М. Желиховский // Труды науч.-техн. конф. «Электробезопасность на предприятиях горнодобывающей промышленности». — М.: Недра, 1965. — С. 81–94.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКІВ ВЕНТИЛЬНОЇ СХЕМИ КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЇ ЗВ ІЗ ДВОХОБМОТУВАЛЬНИМ ВИМІРЮВАЛЬНИМ РЕЛЕ

Представлена вдосконалена методика розрахунків вентильної схеми контролю ізоляції ЗВ з двохомотувальним вимірювальним реле. Для цього встановлені умови його спрацювання на основі залежності результируючих ампервитків двохомоткового реле від усіх елементів схеми. Запропонована нова методика розрахунків і зроблена оптимізація параметрів схеми УАКИ-380 для досягнення збільшення її чутливості з 0,33 до 0,63 мА/кОм при тих же функціональних характеристиках.

Ключові слова: реле виток, чутливість схеми, обмотка, вентиль, ізоляція, спрацювання реле, струм.

Харитонов Александр Александрович, старший преподаватель, кафедра электроснабжения и энергетического менеджмента, ГВУЗ «Криворожский национальный университет», Украина, e-mail: Ckariton@i.ua.

Лякаренко Анатолий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматизированных электромеханических систем в промышленности и на транспорте, ГВУЗ «Криворожский национальный университет», Украина, e-mail: speet@ukr.net.

Мельник Ольга Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра электроснабжения и энергетического менеджмента, ГВУЗ «Криворожский национальный университет», Украина, e-mail: blondinka17@ukr.net.

Ляхова Надежда Николаевна, аспирант, кафедра автоматизированных электромеханических систем в промышленности и на транспорте, ГВУЗ «Криворожский национальный университет», Украина, e-mail: aakhookh@gmail.com.

Харитонов Александр Александрович, старший преподаватель, кафедра электрообеспечения и энергетического менеджмента, ДВНЗ «Криворізький національний університет», Україна.

Лякаренко Анатолий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматизированных электромеханических систем

у промисловості та на транспорті, ДВНЗ «Криворізький національний університет», Україна.

Мельник Ольга Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра электрообеспечения та енергетичного менеджменту, ДВНЗ «Криворізький національний університет», Україна.

Ляхова Надія Миколаївна, аспірант, кафедра автоматизованих електромеханічних систем у промисловості та на транспорті, ДВНЗ «Криворізький національний університет», Україна.

Kharitonov Aleksandr, SHEI «National University of Krivoy Rog», Ukraine, e-mail: Skariton@i.ua.

Likarenko Anatoliy, SHEI «National University of Krivoy Rog», Ukraine, e-mail: speet@ukr.net.

Melnyk Olga, SHEI «National University of Krivoy Rog», Ukraine, e-mail: blondinka17@ukr.net.

Lyakhova Nadiya, SHEI «National University of Krivoy Rog», Ukraine, e-mail: aakhookh@gmail.com

УДК 519.712.2:664.8.07

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.28089

Кіктєв М. О.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ ТЯГОВОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИВОДУ ТА НАТЯЖНИХ ПРИСТРОЇВ КОНВЕЄРІВ

Стаття присвячена розробці алгоритму та програмного забезпечення автоматизованого розрахунку значення тягового фактору конвеєра. За основу взята відома методика розрахунку, розглянуті різні варіанти конвеєра — одно- та двобарабанный, з наявністю притискового ролика або стрічки, з жорстким кінематичним зв'язком або з незалежним зв'язком між барабанами.

Ключові слова: конвеєр, параметри, тяговий фактор, стандарт, характеристики, алгоритм, програмне забезпечення.

1. Вступ

При проектуванні стрічкових конвеєрів оптимальні параметри встановлюються багатократними перерахунками, тому що при зміні хоча б одного з вхідних даних змінюється параметри установки в ньому. Тому задача встановлення оптимальних параметрів конвеєрної установки пов'язана з великим обсягом розрахункових робіт, час виконання яких може бути скорочено застосуванням ЕОМ. Дослідження та аналіз схем і конструкцій підземних стрічкових конвеєрів дозволили виділити основні задачі проектування та визначити необхідність їх вирішення по єдиній розрахунковій схемі, можливої для реалізації на ЕОМ з застосуванням сучасних об'єктно-орієнтованих мов програмування.

В результаті розроблено методику розрахунку тягових параметрів аналізу натягнень в характерних точках стрічки в режимі завантаження — відвантаження підземних стрічкових конвеєрів з застосуванням ЕОМ при вирішенні різних завдань проектування для всіх типів конвеєрів.

Одним з найважливіших етапів при розрахунку та проектуванні стрічкових конвеєрів є визначення тягового фактора привода, яке повинно забезпечувати передачу тягового (тормозного) зусилля стрічки в усіх режимах роботи без пробуксовки стрічки на привідних

барабанах. Тому задача розробки алгоритму розрахунку тягової здатності привода та реалізація його на сучасній алгоритмічній мові програмування Visual Basic for Application є актуальною.

2. Постановка проблеми

Методика визначення тягової здатності привода, на основі якої будемо розробляти алгоритми та програмне забезпечення, наведена у [1]. Інші дослідні роботи з даної теми, опубліковані у роботах [2–4]. Методика розрахунку тягової здатності за допомогою ЕЦОМ розроблена у 80-ті роки, але для використання на комп'ютерах старого покоління [5]. Задача, що вирішується у даній статті, є частиною загальної роботи щодо створення системи автоматизованого проектування конвеєрів [6]. В межах цієї роботи, зокрема, розроблено методику системи відображення процесу автоматизації ділянок конвеєрного транспорту [7].

3. Аналіз літературних даних

Автоматизованому проектуванню конвеєрів для різних галузей виробництва присвячено багато досліджень. В статті [8] описується розроблений програмний комплекс, призначений для розрахунку теплових параметрів