Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. ХХХIУ, 1979 г.

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ АВТОВОЖДЕНИЯ ШАХТНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Е.В.БАННИКОВ, В.П.СТЕПАНЕНКО,
Л.А.ЧУБАРОВ

Способ автовождения контактных электровозов без машинистов определяется местом размещения устройств, регулирующих напряжение тяговых двигателей, а, следовательно, и скорость движения локомотивосостава.

Фирмами ASEA и СААБ-СКАНИЯ создана система автовождения шахтных поездов при нерегулируемом напряжении в контактной сети, внедренная на угольной шахте „Сташиц" (ПНР). Силовой импульсный тиристорный преобразователь в этой системе размещен на электровозе и регулирует напряжение на тяговых двигателях в соответствии с сигналами, которые поступают от напольной аппаратуры. На электровозе размещены также устройства, принимающие сигналы от напольной аппаратуры. В целях сокращения числа составов использовано управление по системе многих единиц, обеспечивающее синхронную работу всех электровозов, входящих в состав поезда [I, 2].

Предлагаемую авторами систему автовождения, приведенную на рис.I, отличает установка тиристорных преобразователей на тяговых подстанциях. В аппаратуру автовождения помимо регулируемой тяговой подстанции входит напольная аппаратура. Она находится на главных откаточных выработках и осуществляет связь движущегося электровоза с тяговой подстанцией, замыкая таким образом систему автоматического регулирования.

Сравним эти две системы автовождения по способу размещения тиристорных преобразователей: со стационарным тиристорным управлением СТУ и с поездными тиристорными преобразователями ПТП. Так как основное оборудование системы СТУ не подвержено тряске и вибрации, не имеет жестких ограничений по весу и габаритам, облегчается его конструирование и изготовление, упрощается эксплуатация, обслуживание и ремонт.

Поездные тиристорные устройства при равных загрузках по току и напряжению имеют в 3-4 раза большую интенсивность отказов, чем стационарные тиристорные преобразователи [3].

В системе автовождения с ПТП каждый электровоз оснащен двумя комплектами тиристорных преобразователей (по одному на тяговый двигатель), выбранных из условия обеспечения трогания состава с места на наиболее тяжелом участке профиля пути, т.е. по часовому току тяговых двигателей. Оче-

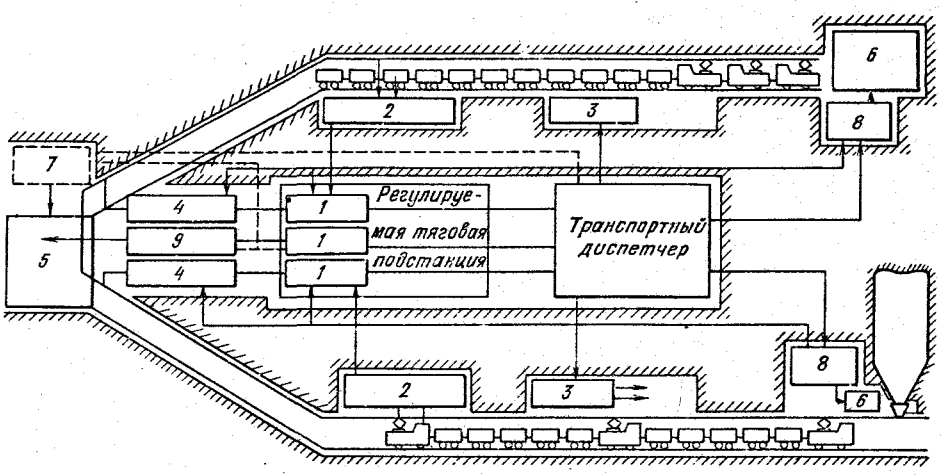


Рис.1. Блок-схема автовождения шахтных поездов регулированием напряжения контактной сети при двух погрузочных пунктах на главном откаточном горизонте:
1 – тиристорный преобразователь; 2 – напольная аппаратура системы автовождения; 3 – аппаратура СЦБ; 4 – блок автоматической защиты фидера; 5, 6 – оборудование, соответственно, разгрузочного и погрузочного комплексов; 7, 8 – оператор, соответственно, разгрузочного и погрузочного комплексов; 9 – горный бункер

видно, общее число комплектов тиристорных преобразователей будет равно удвоенному числу рабочих электровозов.

В системе СТУ токовая нагрузка тиристорного преобразователя, питающего определенный блок-участок, определяется профилем пути этого блок-участка, поэтому в ряде случаев она может быть значительно меньше часового тока тяговых двигателей. Здесь число тиристорных преобразователей определяется, с одной стороны, числом действующих локомотивосоставов, а с другой – схемой путевого развития в районах погрузочно-разгрузочных работ и числом погрузочных пунктов. Число тиристорных преобразователей превышает удвоенное число рабочих электровозов. Однако суммарная установленная мощность тиристорных преобразователей может быть меньше, чем в системе ПТП.

Для сопоставления рассматриваемых систем автовождения по количественным критериям надежности примем следующие допущения.

Пусть каждая система автовождения содержит одинаковые импульсные тиристорные преобразователи с интенсивностью отказов λ_1 и восстановления $T_{в1}$ в системе СТУ и соответственно λ_2 и $T_{в2}$ в системе ПТП[x]. Так как в аппаратуре электровозной откатки возникновение большинства неисправностей элементов обусловлено многими независимыми друг от друга причинами, допускаем экспоненциальный закон распределения времени работы и · времени

[x] Индексы к системам СТУ и ПТП сохраняются ниже при расчетах.

восстановления тиристорных преобразователей. Систему автовождения шахтных поездов можно отнести к системе с последовательным соединением элементов, так как отказ хотя бы одного тиристорного преобразователя приводит к отказу всей системы.

Сопоставим системы СТУ и ПТП по вероятности безотказной работы P и коэффициенту готовности K [4]. Выигрыш в надежности определим из выражений

$$G_p = \frac{P_1(t_0)}{P_2(t_0)} \quad ; \qquad G_к = \frac{K_1}{K_2} \quad .$$

С учетом принятых допущений

$$G_p = \exp\left\{2t_0\left[r\lambda_2 + (r+m)\lambda_1\right]\right\} \quad ,$$

$$G_к = \frac{1+2r\lambda_2 T_{в2}}{1+2(r+m)\lambda_1 T_{в1}} \quad ,$$

где r – число рабочих электровозов; m – величина, учитывающая степень путевого развития и число погрузочных пунктов.

Выигрыш в коэффициенте готовности в результате применения системы автовождения СТУ зависит от числа рабочих электровозов, величины m и соотношения $\frac{\lambda_2 T_{в2}}{\lambda_1 T_{в1}}$.

При отсутствии влияния путевого развития откаточных выработок и погрузочных пунктов на структуру системы автовождения зависимость $G_к$ от числа электровозов показана кривой 1 на рис.2. Чем сильнее влияние величины m на структуру системы автовождения, тем ниже опускается график функции $G_к(r)$ (рис.2, кривая 2). Причем эти кривые асимптотически приближаются к величине $\frac{\lambda_2 T_{в2}}{\lambda_1 T_{в1}}$, пересекая прямую $G_к = 1$ при $r = \frac{m\lambda_1 T_{в1}}{\lambda_2 T_{в2} - \lambda_1 T_{в1}}$. Если $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{T_{в1}}{T_{в2}}$, то функция $G_к(r)$ асимптотически приближается к единице (кривая 3).

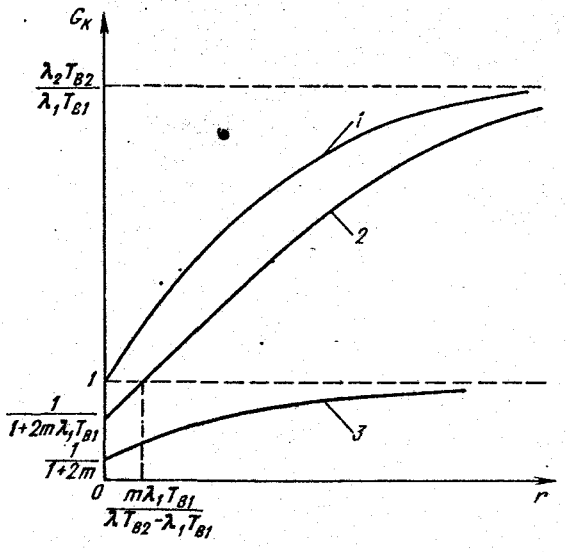


Рис.2. Зависимость величины выигрыша в коэффициенте готовности от числа рабочих электровоза

Таким образом, коэффициент готовности возрастает с увеличением числа рабочих электровозов, и его максимальное значение равно $\frac{\lambda_2 T_{в2}}{\lambda_1 T_{в1}}$. С учетом $\lambda_2 > \lambda_1$ система ПТП более надежна при малом числе рабочих

электровозов, сложной схеме путевого развития погрузочно-разгрузочных работ с большим числом погрузочных пунктов.

Для повышения надежности системы ПТП можно использовать только поэлементное резервирование тиристорных преобразователей, однако это требует значительного числа избыточных преобразователей. В системе СТУ возможно скользящее резервирование преобразователей, не связанное с увеличением единиц оборудования.

Действительно, величина выигрыша в среднем времени безотказной работы при скользящем резерве в ненагруженном режиме равна

$$G_T = \frac{n^2}{N_1 \cdot \lambda_1 T_{в1}} .$$

Здесь предполагается один резервный преобразователь на группу из n рабочих преобразователей. Допустим, что общее число рабочих преобразователей равно 20, $n = 4$; $T_{в1} = 1$ ч; $\lambda_1 = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$ 1/ч. Тогда выигрыш в среднем времени безотказной работы будет равен 320, т.е. увеличение числа преобразователей на 25% улучшает среднее время безотказной работы в 320 раз. Таким образом, система СТУ потенциально более надежна.

Однако и в системе ПТП есть существенные преимущества. Она работает как при контактной, так и при аккумуляторной откатке, может дать существенную экономию по капитальным затратам и расходу электроэнергии при многоадресных перевозках сортов угля или горной массы, большом числе мощных электровозов. Система же СТУ в этом случае должна иметь большое число тяговых подстанций, что обусловит увеличенный объем горных работ для создания камер, в которых разместятся тиристорные преобразователи.

В настоящее время при использовании электровозов с реостатным управлением число тяговых подстанций на откаточных горизонтах шахт с производительностью не менее 8-10 тыс.т/сутки, как правило, три-четыре. При этом одна подстанция всегда размещается в околоствольном дворе, остальные - на крыльях откаточных горизонтов. Если построить автоматизированную электровозную откатку по принципу - один состав - один погрузочный пункт (см.рис.1), то при трех электровозах типа К-14 в поезде можно обеспечить при 18-часовой работе откатки нагрузку на горизонт 8-9 тыс.т/сутки. Причем в системе электроснабжения можно применить три тиристорных агрегата. Таким образом, система СТУ вполне конкурентноспособна с системой ПТП на угольных шахтах при суточной добыче откаточного горизонта 8-9 тыс.т.

Когда число составов превышает 10-12, мощность электровозов 180-250 кВт, длина откатки 6-7 км, система ПТП в отличие от СТУ может дать экономию по капитальным затратам. Для более точного определения целесообразности одной из систем необходимы технико-экономические расчеты для конкретной шахты.

В условиях угольных шахт СССР с использованием отечественного оборудования система СТУ проще, надежнее и в основном дешевле системы ПТП. Систему СТУ можно использовать и в режиме ручного управления, при котором машинист электровоза, подавая по каналу связи сигналы на тиристорный преобразователь, может управлять движением шахтного поезда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оперативное управление шахтным транспортом за рубежом. М., изд.ЦНИЭИУголь, 1975.

2. Современное состояние и направление развития контактной электровозной откатки. – Угольная промышленность. Экспресс-информация, 1975, № 19.

3. Алексеев А.Е. Тяговые электрические машины и преобразователи. Л., Энергия, 1977.

4. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. М., Советское радио, 1975.