

М П С — С С С Р

**Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
институт инженеров железнодорожного транспорта
имени И. В. Сталина**

На правах рукописи

Аспирант Н. Г. Висин

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ
МОТОРВАГОННЫХ СЕКЦИЙ C^p И C^p_3
В ЭЛЕКТРОПОЕЗДЕ.**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель —
кандидат технических наук, доцент П. Н. Шляхто

Т.И.В.

Москва, 1958 г.

**НТБ
ДНУЖТ**

§ 1. — Постановка вопроса и цель работы.

Решение, принятое ЦК КПСС «О генеральном плане электрификации железных дорог», рассчитанное на пятнадцать лет, предусматривает электрификацию 40 тысяч километров ж. д. путей, в том числе в шестом пятилетии — 8100 км. На этих электрифицированных линиях большую роль в перевозке пассажиров на пригородных ж. д. должен сыграть моторвагонный подвижной состав.

1843/a
Существующая система автоматического пуска моторвагонных секций в поезде характеризуется наличием продольных динамических воздействий между секциями. Эти воздействия (удары) неприятно ощущаются пассажирами и, кроме того, они ведут к преждевременному износу деталей механической части (автосцепок, зубчатых передач, продольных скользунов верхних люлечных брусьев и кронштейнов рессорных устройств упругих площадок и т. д.).

Несинхронная работа электросекций в поезде приводит также к перегрузкам одного моторного вагона за счет других, что может вызвать в определенных условиях боксование колесных пар, сопровождающееся иногда явлениями кругового огня на коллекторах тяговых двигателей.

При работе электросекций по системе автоматического управления в период пуска имеет место нефиксация реостатным контроллером ряда позиций из-за плохой работы реле ускорения и переключателя вентилей, что еще больше осложняет работу электросекций в поезде.

На отдельных участках электрифицированных ж. д., с целью снижения динамических воздействий между секциями, уменьшили уставку реле ускорения, отрегулировав со 175 а на 140—145а, и установили между секциями буферные стаканы. Однако это незначительно уменьшило динамические воздействия между секциями, а вместе с тем это привело к увеличению расхода электрической энергии и к излишним дополнительным расходам.

Устранение вышеуказанных недостатков, с точки зрения экономики, особенно важно сейчас, так как выпуск электросекций имеет массовый характер и электрификация железных дорог приобретает широкий размах.

К сожалению, до последнего времени этому вопросу еще не уделялось достаточного внимания. Целью реферируемой работы является исследование пусковых режимов моторвагонных секций C^P и C^B в электропоезде. Как показано в реферируемой работе, для устранения вышеуказанных недостатков необходимо применение синхронного пуска моторвагонных секций C^P и C^B в электропоезде от одного реле ускорения с применением реле синхронизации.

Одновременно с этим рассмотрены вопросы по улучшению работы системы автоматического управления на электросекциях C^P и C^B и предложены соответствующие практические мероприятия.

В ноябре 1957 г. на Куйбышевской ж. д. были оборудованы 27 электросекций C^P и C^B схемой синхронного пуска, которые в настоящее время находятся в эксплуатации. Результаты испытаний подтвердили правильность теоретических выводов. Основные положения диссертационной работы изложены автором в Трудах МИИТа, выпуск 103, 1958 г.

§ 2. — Анализ характеристик и причин, влияющих на неодновременное срабатывание приводов реостатных контроллеров (РК).

Анализом установлено, что главными причинами возникновения динамических ударов между электросекциями является превышение определенных отклонений в пусковых сопротивлениях, магнитных характеристиках и диаметрах колес, при которых можно сцеплять между собой электросекции. Это приводит к неодновременному срабатыванию по времени приводов РК, а следовательно, и к вышеуказанным последствиям.

Для определения разницы в потреблении тока на последовательном соединении между электросекциями и для определения неодновременного срабатывания приводов РК были получены, в результате исследования, следующие зависимости:

$$v = \frac{U_c}{\kappa \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)} - \frac{I \left(r + \frac{R_p}{n} \right)}{\frac{1}{n} \kappa \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)} \quad (1)$$

где: U_c — напряжение сети в в.

n — число последовательно включенных тяговых двигателей.

R_p — сопротивление реостата в ом.

$\kappa = \frac{\mu \cdot c}{0,188}$ — постоянная величина.

D_i — диаметр колеса, Φ_i — магнитный поток.

На основании этой зависимости можно для одного и того же тока уставки РУ подсчитать значения скоростей, при которых происходит срабатывание приводов Р.К., а по разности скоростей Δv определить время Δt отставания в срабатывании РК одного моторного вагона по отношению другого, как

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{3,6 a} \text{ (сек.)} \quad (2)$$

где: $\Delta v = v' - v''$ — условная абсолютная разница в скоростях (км/час) между моторвагонными секциями при одном и том же токе,

a — среднее ускорение движения в м/сек².

Подсчет разницы в потреблении токов между электросекциями на последовательном соединении в зависимости от отклонений параметров силовой цепи производится по следующей формуле

$$I' = \frac{U_c}{n \left(r + \frac{R'_p}{n} \right)} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)'}{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)''} \right) + \frac{I'' \left(r + \frac{R''_p}{n} \right) \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)'}{\left(r + \frac{R'_p}{n} \right) \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)''} \quad (3)$$

где: I' — ток первой электросекции в a ;

I'' — ток второй электросекции в a ;

Φ'_i, D'_i, R'_p — параметры первой электросекции;

Φ''_i, D''_i, R''_p — параметры второй электросекции.

Для параллельного соединения аналогично можно написать следующие зависимости

$$v = \frac{U_c}{\kappa \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)} - \frac{I \left(r + \frac{R_p}{4} \right)}{\frac{1}{2} \kappa \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)} \quad (4)$$

$$I' = \frac{U_c}{2 \left(r + \frac{R'_p}{4} \right)} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)'}{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)''} \right) + \frac{I'' \left(r + \frac{R''_p}{4} \right) \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)'}{\left(r + \frac{R'_p}{4} \right) \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Phi_i}{D_i} \right)''} \quad (5)$$

Для установления отклонения характеристик тяговых двигателей ДК-103 от номинальных сделан анализ испытаний 580 двигателей, произведенных на заводе РЭЗ в 1956—1958 гг., а также 208 двигателей, испытанных после ремонта на МЭМРЗ и ряде депо.

Анализ показал, что около 75% всех двигателей имеют отклонения характеристики, не превышающие $\pm 2\%$, из них около 50% всех двигателей имеют отклонения характеристики, не превышающие $\pm 1\%$.

Следует отметить, что практически вероятность совпадения оси моторного вагона с двигателем, характеристика которого имеет большее отклонение от средней, очень незначительна. Поэтому в расчет должно быть принято отклонение в характеристике, не превышающее $\pm 1,0\%$ при самом неблагоприятном их сочетании.

Анализ разницы в диаметрах колес более 100 электросекций, находящихся в сцепе, показал, что около 80% всех моторных вагонов имеют разницу в диаметрах колес, не превышающую $\pm 1,5\%$. При этом необходимо отметить, что мы можем эту разницу в диаметрах колес еще более сократить путем правильного подбора электросекций в сцеп, которые более или менее длительно работают.

Замеры и анализ величин пусковых сопротивлений моторвагонных секций C^p и C^s показал, что среднее отклонение пусковых сопротивлений от номинальной величины не превышает $\pm 3\%$, причем около 80% всех пусковых сопротивлений имеют отклонения, не превышающие $\pm 2\%$.

Для теоретического расчета изменения ΔI и Δt в зависимости от отклонений в параметрах силовой цепи необходимо принимать значения отклонений в сопротивлениях ($t\sigma_{R_0}$) и магнитных характеристиках и диаметрах колес ($t\sigma_{D_0, \Phi_0}$), полученные на основании материалов статистической обработки большого количества измерений. Принято самое неблагоприятное их сочетание. Как указывалось раньше, значения этих отклонений равны $t\sigma_{R_0} = \pm 2\%$, а $t\sigma_{D_0, \Phi_0} = \pm 2\%$.

На основании данных подсчета ΔI и Δt необходимо сделать следующие выводы из анализа характеристик.

1. Так как разница в потреблении тока (ΔI) между электросекциями при одной и той же регулировке РУ не остается постоянной при переходе РК с позиции на позицию и увеличивается при наличии отклонений только в магнитных характеристиках и диаметрах колес, и, наоборот, уменьшается при наличии отклонений только в пусковых сопротивлениях, и ввиду того, что ΔI зависит также от направления движения, то эту разницу в токах нельзя скомпенсировать за счет разной регулировки тока отпадания РУ на моторных вагонах и, кроме того, оно бы представляло большие неудобства в эксплуатации при перецепке секций или смене колесных пар и тяговых двигателей.

2. Разница во времени срабатывания приводов РК (Δt) зависит, главным образом, от расхождения характеристик, не является постоянной величиной и колеблется от 0,3 до 0,9 сек. на последовательном соединении и от 0,3 до 1,3 сек. на параллельном соединении.

3. Анализ более 100 электросекций показал, что практически вероятность самого неблагоприятного соотношения всех процентных отклонений параметров силовой цепи чрезвычайно редкая и в большинстве случаев одни процентные отклонения противоположны другим, поэтому ΔI_{cp} значительно меньше теоретической и не превышает при пуске 8—10 а (т. е. 5%), что вполне допустимо.

4. При возможности необходимо между собой секции сцеплять так, чтобы $t_{\sigma_{D_0, \Phi_0}}$ не превышало $\pm 3\%$, так как при этом мы будем иметь разницу в ΔI_{max} , не превышающую 20а.

§ 3. — Разница в усилиях ΔF из-за неодновременной работы приводов РК электросекций.

Неодновременное срабатывание приводов РК дает (на некоторый период) разницу в усилиях между электросекциями 2—3,5 т, т. е. 35—50% тягового усилия другой электросекции.

Отсутствие упругих площадок между секциями и наличие сравнительно жесткого фрикционного аппарата на секциях СР приводит к тому, что передача усилий от одной электросекции по отношению другой во время пуска происходит сравнительно жестко, а при ударах усилие достигает свыше 10 тн. В ряде депо (Курская, Латвийская, Московско-Киевская и др. ж. д.) с целью смягчения ударов между секциями стали устанавливать буферные стаканы. Однако, как это будет показано в дальнейшем, применение синхронного пуска электросекций в поезде исключает постановку буферных стаканов. Расчеты показали, что для соударения электросекций (из-за неодновременного срабатывания приводов РК) необходимо 0,4—0,45 сек., в то время как разница во времени срабатывания приводов РК, обусловленная расхождением характеристик, составляет 0,4—

1,3 сек. Отсюда неизбежны между электросекциями динамические удары.

§ 4. — Недостатки системы автоматического управления.

Опыт эксплуатации электросекций C^P и C^B показывает, что при работе их по системе автоматического управления в период пуска часто имеет место нефиксация реостатным контроллером ряда позиций из-за плохой работы реле ускорения. Это приводит в определенных условиях иногда к боксованию колесных пар или к срабатыванию защиты тяговых двигателей, к динамическим воздействиям между электровагонами в поезде.

Для выявления причины нечеткой работы реле ускорения были рассмотрены переходные процессы в силовой цепи тяговых двигателей и в цепях управления подъемной катушки реле ускорения при переходе реостатного контроллера с одной позиции на другую.

§ 5. — Анализ нарастания тока в цепи тяговых двигателей и анализ работы Р.У.

Расчетом установлено, что нарастание тока в цепи тяговых двигателей с момента выключения ступени пускового реостата происходит по следующей формуле:

$$I = I'_{py} \cdot e^{-\tau t} + I_{ycm}(1 - e^{-\tau t}) \quad (6)$$

где: $I'_{py} = I_{py} - \Delta I$, а ΔI — уменьшение тока от момента отпадения РУ до начала нарастания тока в цепи тяговых двигателей

$$\tau = \frac{r + R'_p + \kappa'}{L} \quad \text{— обратная величина постоянной времени,}$$

где: R'_p — величина сопротивления, приходящегося на один двигатель при переходе на следующую позицию,

L — индуктивность тягового двигателя,

κ' — коэффициент пропорциональности, равный тангенсу угла наклона прямой $\epsilon = f(I)$,

r — сопротивление тягового двигателя.

Далее будет показано, что время совместного действия подъемной и силовой катушек РУ составит 0,01—0,02 сек. Расчеты показали, что за время $t=0,01$ сек. ток на позиции 6 не достигает тока уставки РУ и поэтому реостатный контроллер на данной позиции не фиксируется. Это приводит к проскакиванию позиций.

Как показали расчеты, нарастание тока в цепи подъемной катушки РУ происходит почти мгновенно. Этому способствует разрыв кон-

такта ПВ₁, так как при этом возникающая э.д.с. самоиндукции направлена в сторону поддержания прежнего тока.

Согласно заводской инструкции зазор между гранью храповика и контактным рычагом установлен 5 мм, а разрыв между контактным рычагом и нижним контактом (22Б) — не менее 2 мм. Такое соотношение зазоров является необоснованным, так как при этом получается слишком малое время совместной работы силовой и подъемной катушек реле ускорения. Это, безусловно, приводит к проскакиванию позиций РК помимо РУ.

На основании анализа и многолетнего опыта эксплуатации электротросекий необходимо соблюдать следующие зазоры:

1) зазор между контактным рычагом и нижним контактом (22Б) должен быть 1,5—1,7 мм,

2) зазор между контактным рычагом и храповиком должен быть 2—3 мм.

Коэффициент возврата реле ускорения, т. е. отношение величины тока отпадания к величине тока срабатывания, можно повысить за счет уменьшения зазора между подвижным и неподвижным контактом РУ (C_o) и увеличения зазора между сердечником и якорем РУ (δ_o). Соотношение токов в силовой катушке, при котором происходит притягивание якоря реле ускорения при разных зазорах, можно определить по формуле:

$$I'_{cp} = I_{cp} \frac{\left(1 + \frac{C_o}{\delta_o}\right)}{\left(1 + \frac{C}{\delta}\right)} \quad (7)$$

где: I'_{cp} — ток срабатывания при зазорах C , δ ,

I_{cp} — то же, но при зазорах C_o , δ_o .

Для уменьшения тока срабатывания необходимо уменьшать зазор C_o и увеличивать зазор δ_o . Однако, как показали расчеты, это приводит к уменьшению давления контактов якоря реле ускорения в момент его отпадания, что может вызвать при ударах на стыках его отскакивание, сопровождающееся подгоранием контактов вследствие разрыва цепи вентиля реостатного контроллера. Соотношение давления контактов при разных зазорах определяется по следующей формуле:

$$\frac{P'_k}{P_k} = \frac{\frac{1}{\delta'^2} - \frac{1}{(\delta' + C)^2}}{\frac{1}{\delta_o^2} - \frac{1}{(\delta_o + C_o)^2}} \quad (8)$$

НТБ
ДНУЖТ 7

где: P'_k — давление контактов при зазорах δ' и C ,
 P_k — давление контактов при зазорах δ_0 и C_0 .

Поэтому необходимо выбрать оптимальное соотношение зазоров. Практика показывает, что целесообразнее всего иметь следующие зазоры: $\delta_0 = 4,5 \div 5,5$ мм, $C = 2$ мм. При таком соотношении зазоров $I_{cp} = 220 \div 230$ а, что соответствует коэффициенту возврата 0,8 ($I_{py} = 175$ а).

Значительное улучшение работы реле ускорения на секции C^p может быть достигнуто за счет параллельного подключения к подъемной катушке — регулировочной.

Расчеты показывают, что при установившемся режиме суммарные ампер-витки равны 1400, что больше, чем при действии одной подъемной катушки на 400 ампервитков.

При подключении регулировочной катушки параллельно подъемной мы имеем при разрыве контакта $PВ_2$ замкнутый контур, в котором будет циркулировать ток. Этот ток создает удерживающий магнитный поток, пропорциональный разности ампервитков этих катушек и направленный в прежнем направлении, и поэтому спадание магнитного потока произойдет не сразу, а с выдержкой времени. Такая выдержка времени всегда желательна, так как ток в силовой цепи дополнительно возрастет, что будет способствовать лучшему удержанию якоря реле ускорения в притянтом состоянии. Такого явления мы не имеем при одной подъемной катушки $PУ$.

На электросекциях C^p для улучшения работы реле ускорения заводом было изменено число витков силовой катушки, что повысило коэффициент возврата.

Расчет показывает, что для притягивания якоря реле ускорения при стационарном режиме необходимо иметь ток в силовой катушке на 25а меньше по сравнению с реле ускорения на секциях C^p и определяется по следующей формуле:

$$I'_{cp} = I_{cp} - \frac{(aW)_{пк}(W_c - W'_c)K}{W_c \cdot W'_c} \quad (9)$$

где: $W_c = 10$ — число витков силовой катушки реле C^p ,

$W'_c = 8$ — то же, но реле C^p_0 ,

$(aW)_{пк}$ — ампервитки подъемной катушки,

K — коэффициент соответствия низковольтных ампервитков высоковольтным.

Однако при таком изменении параметров реле мы имеем меньшее давление (в 1,5 раза) в контактах при отпадании якоря реле ускорения, чем при реле C^p .

При совместном действии подъемной и регулировочной катушек реле ускорения C^p мы не имеем уменьшения давления в контактах

при отпадании, а коэффициент возврата повышается значительно больше (в 1,67 раза), чем при реле ускорения электросекций C_3^P . Поэтому наиболее целесообразным мероприятием по улучшению работы реле ускорения является сохранение регулировочной катушки и подключение ее параллельно подъемной.

Для увеличения времени совместного действия подъемной и силовой катушек реле ускорения возможно изменить диаграмму включения реостатных контакторов.

Желательно обеспечить включение реостатного контактора за $4,5^\circ$ до конца позиции, вместо 3° , тогда время совместного действия силовой и подъемной катушек реле ускорения увеличится почти в два раза и составит 0,04 сек. За это время ток в силовой катушке реле ускорения всегда будет больше тока уставки реле при всех режимах перехода и, следовательно, реостатный контроллер будет всегда зафиксирован на всех реостатных позициях.

Изменение диаграммы для размыкания контактора можно не производить.

Время действия подъемной катушки можно увеличить, увеличив время (t_{pk}) свободного вращения кулачкового вала. Но как показывает опыт эксплуатации в условиях зимы при $t_{pk} > 5,6$ сек. (на секциях C^P) и больше 6,2 сек. (на секциях C_3^P), — образование ледяной корки в дросселирующем винте. Поэтому не следует эти времена превышать.

§ 6. — Анализ нарастания тока в цепи тяговых двигателей при переходе РК с полного поля на ослабленное.

Опыт эксплуатации электросекций C^P и C_3^P показывает, что реостатный контроллер при переходе с позиции полного поля на позицию ослабленного поля, как правило, не фиксируется и безостановочно переходит на следующую позицию.

Для выяснения этого рассмотрены неустановившиеся процессы в период перехода РК на позицию ослабленного поля. Согласно расчету, нарастание тока при переходе РК с позиции 7 на позицию 8 происходит по следующей формуле (при $I_{py} = 120a$)

$$I = 199 - 79 I^{-2t}, \text{ а } I' = I - \Delta I \quad (10)$$

За $t = 0,02$ сек ток равен $I' = 118a$, т. е. ток не достигает даже величины тока уставки РУ. Поэтому РК безостановочно переходит на следующую позицию.

Если переход происходит при $I_{py} = 175a$, то нарастание тока происходит по следующей формуле:

$$I = 264 - 89 I^{-3,8t}, \text{ а } I' = I - \Delta I \quad (11)$$

НТ
ДНУЖТ

При $t^* = 0,02$ сек., $I' = 176$ а.

При таком переходе позиция 8 будет зафиксирована; если пуск происходит на подъеме, то I' достигает установившегося тока, равного 248а, что может вызвать срабатывание защиты. Кроме того, при $t=0,01$ сек. позиция 8 может быть не зафиксирована. Анализом установлено, что целесообразнее всего переход на шунтировку поля произвести при $I_{py} = 150$ а. В этом случае нарастание тока происходит по следующей формуле:

$$I = 250 - 100 e^{-2,35t} \quad (12)$$

Расчеты и осциллограммы показали, что для повышения плавности перехода с последовательного соединения на параллельное соединение для электросекции C^p необходимо на позиции 9 сохранить ослабленное поле. Для этого необходимо обеспечить замыкание блок-контакта как РК 8-9. Для обеспечения фиксации РК на позиции 10 необходимо ток уставки РУ сохранить 150а, обеспечив замыкание блок-контакта РК 7, 15 как РК 7-10, 15. Ввиду того, что РК позиции 8 и 9 проходит безостановочно, то снижение тока до $I_{py} = 150$ а оказывает влияние только на позицию 10, что незначительно.

Для обеспечения тока уставки РУ 150а необходимо конец 2 М блок-контакта РК 7-10, 15 пересоединить на конец 2 Н.

Аналогичные расчеты для электросекции C_s^p при переходе РК на ослабленное поле показывают, что при переходе РК с позиции 9 на позицию 10 при $I_{py} = 175$ а нарастание тока происходит по формуле $I = 222 - 47 e^{-4,8t}$, а $I' = I - \Delta I$ (13) и при $t = 0,02$ сек. $I' = 175$ а. Однако при $t < 0,02$ сек. ток становится меньше I_{py} и поэтому позиция 10 не фиксируется. Систематическое нефиксирование позиции 10 было также отмечено заводом РЭЗ.

Расчет показывает, что если осуществить на электросекции C_s^p переход на ослабленное поле при $I_{py} = 150$ а, то в этом случае нет необходимости иметь вторую ступень ослабления поля. Так как позиция ослабленного поля на секциях C^p и C_s^p не фиксируется, то, как это будет показано в дальнейшем, при синхронном пуске нет необходимости ставить провод 3 под контроль другого реле синхронизации.

§ 7. — Краткое изложение работы предлагаемой новой синхронной схемы управления моторвагонных секций C^p и C_s^p в электропоезде.

Анализ показал, что практически разница в токах между моторными вагонами поезда в период реостатного пуска не велика и не превышает $\Delta I_{max} = 8-10$ а. Но эта разница (в силу автоматического пуска) вызывает запаздывание в срабатывании приводов РК мотор-

ных вагонов, которое соизмеримо со временем соударения электро-секций между собой (из-за ΔF), несмотря на их инерцию. Следовательно, практически получается, что небольшое отклонение ΔI , вызванное расхождением скоростных характеристик моторных вагонов в поезде на каждой реостатной позиции, вызывает в 7—10 раз большее расхождение в характеристиках (на некоторый период), что приводит к весьма неприятным последствиям.

Естественно, возникает необходимость обеспечения работы приводов РК-ов моторных вагонов от одного аппарата управления (РУ). Для этого предлагается:

1) установить реле синхронизации, основное назначение которого состоит в том, чтобы на период пуска моторвагонных секций прервать цепь поездного провода 1 для питания ведомых РК и создать эту цепь через блокировку одного ведущего РУ; реле синхронизации должно быть быстродействующим реле.

2) оставить РУ на ведомых моторных вагонах, произведя соответствующую перерегулировку их так, чтобы они всегда имели при одном и том же токе более раннее замыкание, нежели ведущее РУ, и, следовательно, всегда готовы воспринять импульсы питания. Эта перерегулировка может быть осуществлена автоматически (по воле машиниста);

3) произвести соответствующую регулировку времени свободного вращения одного оборота вала РК, при котором обеспечивался бы достаточный по времени импульс питания приводов ведомых РК, зависящих от ведущего, но не влияющих практически на одновременное нарастание их тяговых усилий.

Бажнейшим требованием к схеме синхронного пуска является автоматическое восстановление существующей схемы посредством выключения соответствующей кнопки.

Подробные пересоединения в схемах, произведенные для осуществления синхронного пуска, и описание работы здесь не приводятся, и указаны только принципиальные схемы (рис. 1 и рис. 2).

Во всех случаях желательно в качестве ведущего моторного вагона выбирать такой, который имеет более высокую скоростную характеристику, т. е. наибольший средний диаметр колеса моторного вагона, среднее большее число оборотов якоря тягового двигателя и, если есть возможность, то меньшую величину пусковых сопротивлений. Такой выбор необходим для того, чтобы при достижении тока в силовой цепи ведущего моторного вагона $I = I_{py}$, ток в ведомых моторных вагонах был меньше I_{py} на величину ΔI , а следовательно, исключается при этом их перегрузка и улучшается синхронность пуска всего поезда. Так как ведущая секция имеет несколько больший ток, а следовательно, и тяговое усилие, но она сжимает или растягивает всю систему поезда, в зависимости от направления движе-

ния, ликвидируя все зазоры в хвостовиках и контурах зацепления автосцепок, что позволяет иметь единую упруго-жесткую систему, способствующую ликвидации динамических ударов между секциями и повышающую плавность пуска.

На ведущем моторном вагоне РУ регулируется на ток отпадания 165—170а, в то время как на ведомых моторных вагонах РУ должно быть отрегулировано на ток отпадания 175—180 А. Такая разница в регулировке необходима для того, чтобы к моменту достижения тока в силовой цепи ведущего моторного вагона 165—170А, РУ ведомых моторных вагонов всегда должны быть замкнуты и готовы воспринять импульсы питания.

Для того, чтобы можно было регулировать время свободного вращения одного оборота кулачкового вала РК на секции C^P , необходимо в колодочку привода РК установить регулирующий болт, подобно тому, как это сделано на секции C_s^P .

Так как от РУ ведущей секции получают питание привода РК других секций, то целесообразно отрегулировать время свободного вращения одного оборота кулачкового вала РК при пробе блокировки следующим образом:

а) на ведущем моторном вагоне при 5 атм. в резервуаре управления 5,6 сек. секции (C^P) и 6,2 сек. секции (C_s^P);

б) на ведомом моторном вагоне — 5 сек. секции (C^P) и 5,5 сек. секции (C_s^P).

Разница во времени срабатывания приводов РК на одну позицию незначительна и поэтому практически нарастание тяговых усилий можно считать одновременным.

Для того, чтобы РС четко работало и отвечало предъявленным к нему требованиям, необходимо обеспечить зазор между блок-контактом и штырями (шпильками) 2,5—3,5 мм, а давление при отрыве якоря РС 0,4—0,5 кг. РС (PP_1) должно подключаться при напряжении 8—10 в, а РС (PPY) должно подключаться при напряжении 6—7 в. Согласно этому и производится регулировка пружины РС. Поэтому они работают как быстродействующие реле.

Переход с существующей схемы управления на синхронную производится посредством включения на ведущем моторном вагоне кнопки «синхронный пуск» (эта секция находится обязательно в голове), а на хвостовом вагоне — выключением кнопки «несинхронный пуск». Выключенное состояние этой кнопки заблокировано, чтобы исключить ошибочное ее включение.

Осциллограммами установлено, что собственное время срабатывания якоря РС, при выполнении вышеуказанных к нему требований, составляет 0,02—0,03 сек. и значительно меньше, нежели время срабатывания привода РК.

Так как привод ведущего РК срабатывает несколько позже по времени ведомых РК, то импульсы питания цепи провода I, с учетом только в начале срабатывания РС, вполне достаточны, а если учесть, что вентиля РК допитываются проводом 22, то приводы ведомых РК всегда четко работают.

Необходимо отметить, что при синхронном пуске ΔI практически не превышает 8—10а, а если учесть, что мы имеем большее ускорение движения, то влияние ΔI незначительно. Кроме того, так как практически в трехсекционном сцепе один ведомый моторный вагон имеет $+\Delta I$, а другой — ΔI , то средний их ток равен току ведущей секции.

При синхронном пуске в случае боксования ведущего моторного вагона блокировка РУ будет замкнута (так как ток в силовой цепи этого моторного вагона уменьшается), но ведомые моторные вагоны будут работать каждый от всего реле, увеличивая общую скорость электропоезда и выводя ведущий моторный вагон из режима боксования. В случае боксования любого ведомого моторного вагона условия его работы значительно облегчаются, так как питание его РК будет происходить от ведущего РУ, а, так как общая скорость электропоезда будет несколько медленнее расти, то питание РК ведомого моторного вагона будет происходить с относительно большей выдержкой времени, что приведет, в свою очередь, к быстрому прекращению боксования. Это существенное преимущество синхронного пуска, особенно для секций C^P , не оборудованных реле боксования. Хотя секции C^P оборудованы реле боксования, но последние все еще плохо работают в эксплуатации,

Выше указывалось, что при синхронном пуске происходит строго одновременное нарастание тяговых усилий между секциями, поэтому условия работы сцепа против боксования значительно улучшаются.

Переход со схемы управления синхронным пуском на существующую схему производится в первую очередь выключением кнопки «синхронный пуск» и включением кнопки «несинхронный пуск». Для удобства при формировании секций в случае их отцепок, — схемой синхронного пуска должны быть оборудованы как ведущие моторные вагоны, так и ведомые. Возможен вариант исполнения схемы, при котором автоматически достигается перерегулировка РУ на ведущем моторном вагоне и включение и выключение синхронного пуска производится с головы прицепного вагона (см. рис. 3).

Синхронный пуск в эксплуатации позволяет предотвратить установку буферных стаканов между секциями, так как они в этом случае не нужны. Кроме того, он позволяет поднять уставку РУ до 165—170а, что дает возможность получить большее ускорение движения.

За весь период эксплуатации не было ни единого случая отказа в работе электросекций, оборудованных схемой синхронного пуска, что свидетельствует о высокой ее надежности.

§ 8. — Экспериментальные испытания синхронного пуска моторвагонных секций C_3^P в электропоезде.

Опытные испытания синхронного пуска моторвагонных секций C_3^P с осциллографированием всех необходимых процессов были произведены на тракционных путях депо Апрелевка (длина путей 800 м), Московско-Киевской ж. д.

Эксплуатационные испытания работы моторвагонных секций C^P и C_3^P по схеме синхронного пуска были проведены на Куйбышевской ж. д. После испытаний было оборудовано в ноябре 1957 г. на этом участке 27 электросекций, которые в настоящее время находятся в эксплуатации. Произведенные испытания полностью подтвердили правильность теоретических выводов и разработанных основных положений.

На основании произведенного исследования пусковых режимов моторвагонных секций C^P и C_3^P в электропоезде можно сделать следующие общие выводы:

1. Главными причинами возникновения динамических ударов между моторвагонными секциями электропоезда является неодновременное срабатывание по времени приводов реостатных контроллеров, вызванное наличием неизбежно имеющихся отклонений в пусковых сопротивлениях, магнитных характеристиках и диаметрах колес. Разница во времени срабатывания приводов РК является непостоянной величиной и колеблется от 0,3 до 1,5 сек в то время как для соударения электросекций достаточно только в среднем 0,45 сек.

2. Так как практически вероятность самого неблагоприятного соотношения всех отклонений параметров силовой цепи чрезвычайно редкая и в большинстве случаев одни отклонения противоположны другим, то разница в потреблении токов моторных вагонов не превышает при пуске 8—10а. Но эта разница (в силу автоматического пуска) вызывает запаздывание в срабатывании приводов РК, соизмеримое со временем соударения электросекций. Следовательно, небольшое отклонение в токах между моторными вагонами вызывает в 7—10 раз большее расхождение (на некоторый период) в токах, что приводит к разнице в тяговых усилиях между ними до $2,5 \div 3,5$ т, т. е. 35÷50%. Отсутствие упругих площадок между секциями, наличие зазоров в контурах зацепления автосцепок и их хвостовиков, жесткая характеристика фрикционного аппарата, — все это приводит к тому, что передача усилий от одной моторвагонной секции по

НТБ
ДНУЖТ

отношению к другой во время пуска происходит сравнительно жестко и при ударах достигает усилия до 10 тн.

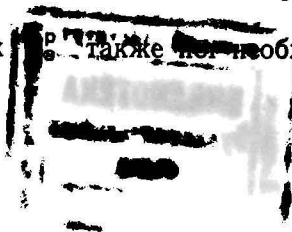
3. Расчетom установлено, что при переходе РК с одной позиции на другую ток в силовой цепи уменьшается на 5—10а, а нарастание тока происходит постепенно и за время 0,01 сек. бросок тока не превышает тока уставки РУ. Это приводит к проскакиванию позиций РК.

4. Недостаточное время совместного действия силовой и подъемной катушек РУ является результатом неправильного установления зазоров у ПВ, неувязки диаграмм замыкания реостатных контакторов с размыканием ПВ₂. Рекомендуемые в настоящей работе соотношения зазоров у ПВ, а также параллельное подсоединение к подъемной катушке РУ — регулировочной, значительно улучшает работу РУ, так как при разрыве их цепи происходит постепенное спадание магнитного потока, а следовательно, отпадание якоря РУ происходит с выдержкой времени. За это время ток в силовой катушке РУ дополнительно возрастет и удержит якорь РУ в притяннутом состоянии. Коэффициент возврата при этом повышается на 67%, а по сравнению с реле электросекции С₃^Р — на 25%, причем давление контактов РУ остается прежним.

5. Расчеты и осциллограммы перехода РК с полного поля на ослабленное показали, что вследствие уменьшения тока при переходе РК на очередную позицию и крайне медленного нарастания тока в силовой цепи из-за значительной индуктивности главных полюсов тягового двигателя и индуктивного шунта, ток I_d не достигает тока I_{py} и поэтому позиция ослабленного поля не фиксируется. Расчет показал, что нет особой необходимости в снижении тока до 120а (С^Р) перед переходом на ослабленное поле и наиболее целесообразно этот переход осуществить при $I_{py} = 150а$. Так как позиция ослабленного поля не фиксируется, то при схеме синхронного пуска нет необходимости ставить провод 3 под контроль Р.С. Для повышения плавности перехода на параллельное соединение для электросекций С^Р необходимо на позиции 9 сохранить ослабленное поле, а для фиксации РК позиции 10 необходимо ток уставки РУ с позиции 7 по позицию 10 сохранить 150а.

6. Так как на электросекциях С₃^Р промежуточная ступень ослабления поля не фиксируется, то целесообразнее было бы переход на ослабленное поле осуществить при $I_{py} = 150а$ и иметь одну ступень ослабления поля. В этом случае было бы исключено два высоковольтных контактора и дополнительные ступени шунтирующих сопротивлений.

На электросекциях С₃^Р также нет необходимости в установке другого Р.С.



7. Синхронный пуск моторвагонных секций C^P и C^B в электропоезде от одного РУ с применением РС позволяет:

а) получить одновременное вращение реостатных контроллеров с позиции на позицию, а следовательно, одновременное нарастание тяговых усилий, что даст возможность устранить между секциями продольные динамические удары. В этом случае нет никакой необходимости в установке между секциями буферных стаканов или каких-либо амортизаторов;

б) уменьшить износ механической части электросекций (автосцепок, зубчатых передач, продольных скользунов верхних люлечных брусьев, кронштейнов рессорных устройств упругих площадок и т. д.);

в) исключить перегрузку одного моторного вагона за счет других и тем самым облегчить пусковые режимы тяговых двигателей;

г) исключить из-за отсутствия ударных воздействий между секциями дополнительное перераспределение нагрузок между колесными парами и колебание наддресорного строения моторного вагона, что позволит значительно сократить число случаев боксования колесных пар;

д) поднять уставку РУ до проектной 170А по сравнению со 140—150А, имеющиеся сейчас на дорогах, что даст возможность получить большее ускорение движения и, следовательно, получить большие скорости сообщения;

е) облегчить работу ведомых моторных вагонов в случае возникновения боксования, так как система синхронного пуска способствует быстрому прекращению боксования;

ж) иметь сжатую или растянутую систему поезда, ликвидируя вредное влияние зазоров в автосцепках;

з) облегчить работу машинистов по управлению поездом;

и) сократить число случаев появления кругового огня на коллекторах тяговых двигателей из-за боксования и повысить надежность их работы в эксплуатации;

к) получить экономию средств от уменьшения расхода электрической энергии, от уменьшения износа деталей механической части и от предотвращения установки буферных стаканов между секциями — около 6,5 млн. руб. в год.

Опыт эксплуатации 27 электросекций C^P и C^B по схеме синхронного пуска на Куйбышевской ж. д. с 12 ноября 1957 г. по настоящее время показал исключительно большие преимущества перед существующей схемой по всем вышеуказанным показателям и на основе опыта этого участка должна быть распространена на другие электрифицируемые участки. Осуществление этих мероприятий даст большую экономию средств и повысит технико-экономическую эффективность электрической тяги.

Л 119988-27/X-58 г.

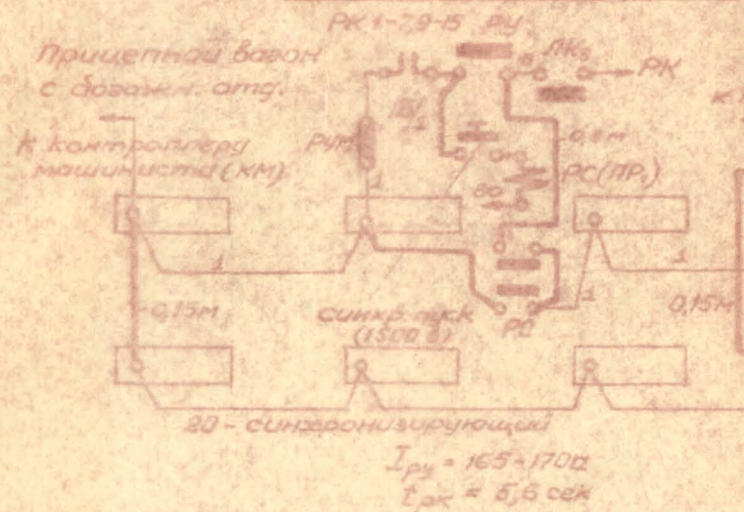
Тип. МИИТ.

Зак. 1562.

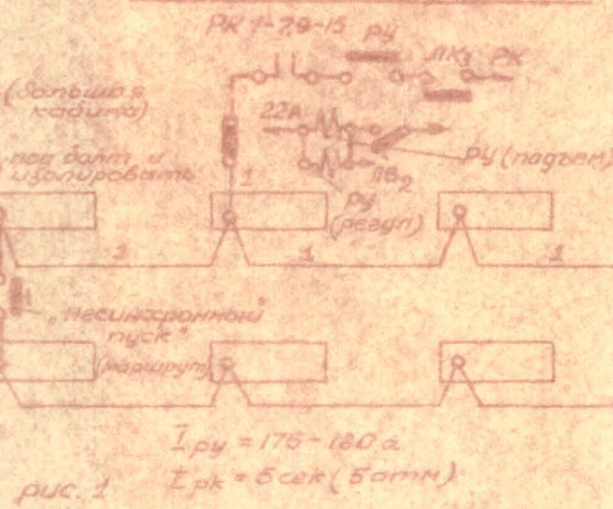
Тир. 150.

1243/a

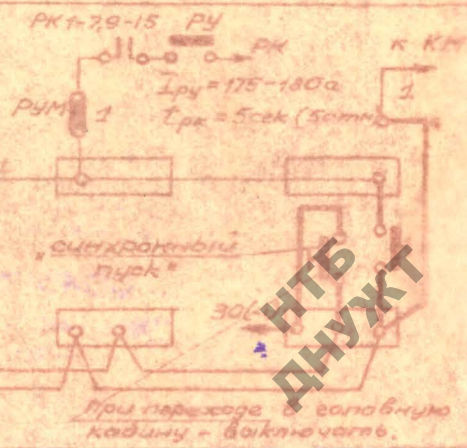
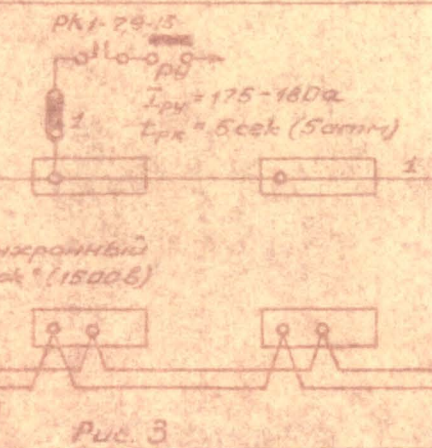
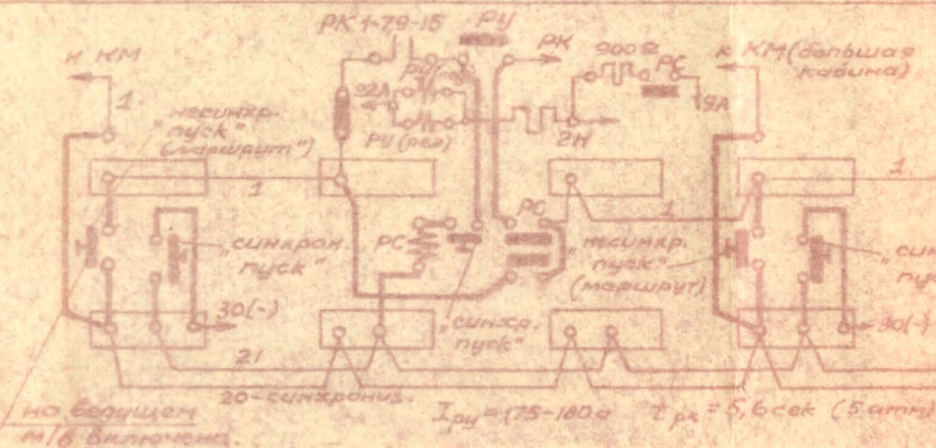
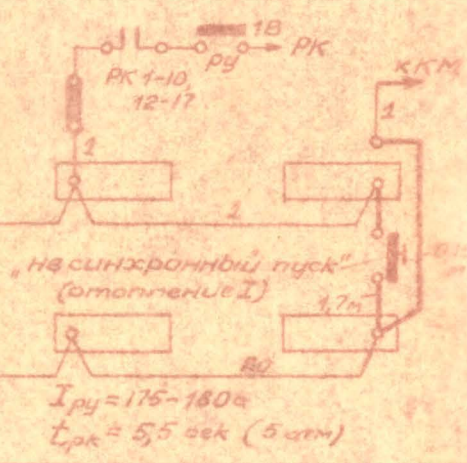
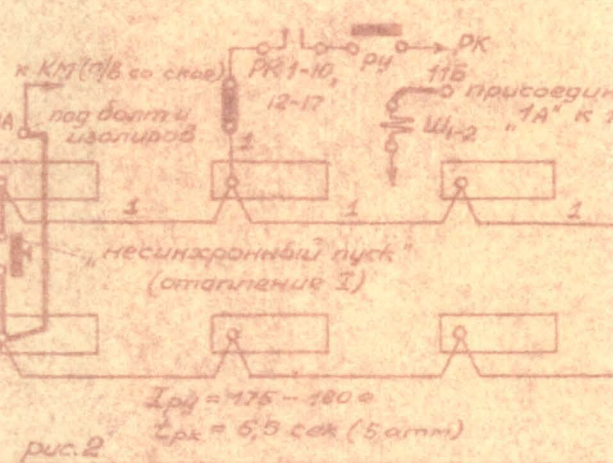
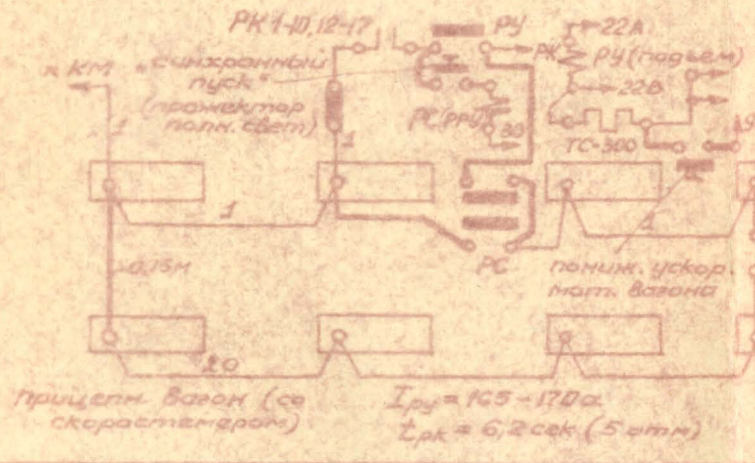
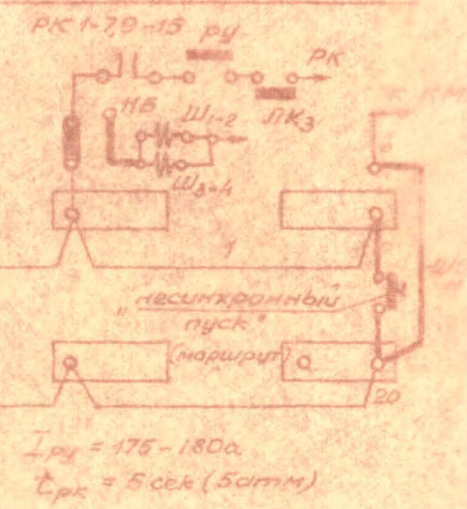
Ведущий моторный вагон



Ведомый моторный вагон



Ведомый моторный вагон



НТБ
ДНУЖТ