

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аспирант Ю. Ш. ШАВЕРДОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВЫХ ПРОЦЕССОВ
ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1963

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аспирант Ю. Ш. ШАВЕРДОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВЫХ ПРОЦЕССОВ
ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель — доктор
технических наук, профессор
В. Н. ТВЕРИТИН.

Днепропетровск
1963

2089a.

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Автореферат разослан «28» октября 1963 г.

Публичная защита диссертации состоится на заседании Ученого совета по электро-механическим специальностям «20 ноября-декабрь» 1963 г.

Отзывы по настоящему автореферату просьба направлять по адресу: г. Днепропетровск-10, Севастопольская, 15., ДНИИТ, Ученому секретарю совета,

Вопросам исследования пусковых процессов автотракторных, а также авиационных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) уделяется большое внимание. В ряде научных учреждений созданы специальные лаборатории для исследования пуска таких двигателей. Большая группа капитальных работ посвящена исследованию пусковых процессов автомобильных, тракторных и частично авиационных ДВС. Между тем, проблемы пуска у дизелей железнодорожного подвижного состава (тепловозов, дизельных поездов и автомотрис) изучены крайне недостаточно.

Реферируемая диссертация посвящена теоретическому и прикладному исследованию пусковых процессов тепловозных дизель-генераторов. Она является попыткой представить в первоначальной полноте исследования этих процессов и восполнить пробел в изучении проблем пуска дизелей железнодорожного подвижного состава.

Материал настоящего научного обобщения может дать конструктору сведения необходимые при модернизации существующих и при проектировании новых пусковых систем тепловозных дизель-генераторов. Кроме того, настоящая работа может быть использована при дальнейших исследованиях вопросов, относящихся к пуску дизель-генераторов. Она может также оказаться полезным материалом при изучении электрических пусковых схем газотурбовозов.

Диссертация состоит из пяти глав.

В первой главе проводится анализ действия существующих пусковых устройств и способов пуска ДВС, формулируется цель и постановка задачи предпринятого исследования.

В дизелях, вследствие отсутствия постороннего источника зажигания, температура всасываемого воздуха в конце процесса сжатия доводится до значения, обеспечивающего самовоспламенение рабочей смеси, благодаря наличию высокой степени сжатия. Это обстоятельство существенно увеличивает сопротивления проворачиванию и, следовательно, мощность пускового агрегата, как это следует из формулы (1);

$$N_{\text{е пуск}} = \frac{p_{\text{т макс}} V_{\text{л}} n_{\text{мин}}}{225a \eta_{\text{п}}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{е пуск}}$ — эффективная мощность пускового агрегата в л. с.;
 $p_{\text{т макс}}$ — максимальное давление трения двигателя в кг/см²;
 $V_{\text{л}}$ — рабочий объем цилиндров двигателя в л;
 $n_{\text{мин}}$ — минимальное пусковое число оборотов вала в об/мин;
 a — число тактов в цикле (тактность двигателя);
 $\eta_{\text{п}}$ — к.п.д. пускового агрегата.

При одинаковом рабочем объеме цилиндров требуемая мощность пускового агрегата у дизелей в 3–4 раза больше, чем у двигателей с принудительным зажиганием. Кроме того, агрегатная мощность дизелей, особенно быстроходных, например судовых, тепловозных, некоторых авиационных, в большинстве случаев значительно выше мощности карбюраторных двигателей. Все это дает основание предъявлять повышенные требования к пусковым агрегатам и пусковым процессам дизелей в целом по сравнению с таковыми для двигателей с принудительным зажиганием.

Многие опубликованные работы по вопросам пуска дизелей относятся к автотракторным, авиационным, а также судовым ДВС. Авторами этих работ являются известные советские исследователи — Г. Калыш, И. Хвошев, Д. Минкин, В. Ваншейдт, А. Хватков и др. В области изучения пусковых факторов дизелей должный вклад внесли также и зарубежные исследователи (Р. Баррингтон, И. Латвич, Е. Петерсон и др.).

По вопросу пуска тепловозных дизель-генераторов опубликовано только ряд статей, авторами которых являются советские исследователи: Л. Хигер, Г. Эзрин, А. Володин, Ю. Плуцер-Сарно, В. Стрекпытов. Количество опубликованных трудов в области пусковых проблем тепловозных дизель-генераторов в зарубежной литературе также ограничено. К наиболее ценным из числа опубликованных за рубежом можно отнести работу Э. Эриксона, посвященную вопросу пуска дизеля при низкой температуре окружающей среды, и работу М. Гаррисона, содержащую описание специального приспособления для облегчения пуска дизеля.

Основным направлением исследований пусковых проблем должно быть изучение систем электрического пуска, потому что у подавляющего большинства современных и перспективных тепловозов, газотрубовозов и судовых установок с электрической передачей как у нас, так и за рубежом применяется электрический пуск.

Во второй главе рассматриваются методика и основные направления исследования пусковых процессов тепловозных дизель-генераторов.

При разработке методики экспериментальных испытаний ставилась цель создания таких условий проведения опытов, результаты которых позволили-бы получить полные и достоверные данные для правильной оценки теоретических предпосылок. При этом необходимо заметить, что в настоящее время нет общепризнанного метода исследования пусковых процессов дизель-генераторных установок.

Для изучения пусковых свойств дизель-генераторных установок эксперименты лучше всего проводить в натурных условиях, поскольку пусковой процесс характеризуется большим числом оценочных параметров и протекает при неуставившихся режимах. Поэтому экспериментальные исследования проводились на тепловозных дизель-генераторных установках Д-50 с МПТ—84/39 и 2Д100 с МПТ—99/47. На первой установке выполнено 510 и на второй 108 опытов (пусков).

Более 20 параметров измерялись непосредственным методом, а быстро протекающие процессы осциллографировались. К их характеристикам относятся: h_p — выход ресек топливного насоса; B_0 — результирующая магнитная индукция в воздушном зазоре тягового генератора, работающего в режиме стартера; $P_{сж}$ — развернутое во времени индикаторное давление; t — отметка времени; $n_{гд}$ — число оборотов дизель-генератора; m — отметка оборотов; I_0 — пусковой ток батарей; $I_{обв}$ — ток в обмотке возбуждения (при новой схеме); U_0 — напряжение батарей; $БМ$ — отметка работы блокировочного магнита регулятора; $РДМ$ — отметка работы реле давления масла. Схемы систем измерений приведены на рис. 1.

Величина выхода ресек топливного насоса измерялась при помощи датчика линейных перемещений, изготовленного по схеме ИМАШ АН СССР.

Для анализа закономерностей распределения магнитных полей тягового генератора при работе в стартерном режиме, применительно к разным способам и условиям пуска, записывались и исследовались кривые результирующего магнитного поля в воздушном зазоре. Для этой цели был разработан датчик, основанный на индукционном методе измерения величины магнитных потоков во время пуска дизель-генератора. В этом датчике оба контактные кольца устанавливаются со стороны коллектора, а вместо проводника, применяемого при методе академика Шенфера, используется так называемая измерительная катушка.

Развернутые во времени индикаторные диаграммы снимались при помощи электрического датчика давления с проволочными теплоэлементами, действие которых основано на свойстве металлических проводников изменять свое омическое сопротивление при деформации. Применяемый датчик давления состоит из тонкостен-

ного стального цилиндрического измерительного элемента, воспринимающего давления газов в цилиндре. На его наружную поверхность наклеивается рабочий тензoeлемент.

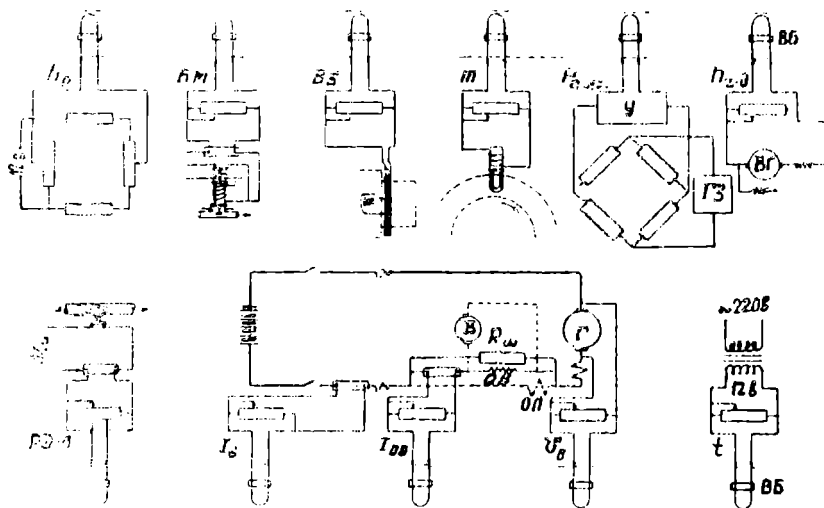


Рис. 1. Исполнительные схемы осциллографических записей параметров пускового процесса.

Тензометрический датчик давления включается в измерительно мостовую схему, которая служит для превращения механической деформации в электрические колебания. Плечи моста составляются из проволочных тензoeлементов, имеющих одинаковое сопротивление для удобной балансировки. Кроме того, в схему включаются два небольших регулируемых сопротивления для балансировки моста. Они смонтированы в четырех-канальном электронном усилителе.

Глава третья посвящена теоретическим и прикладным исследованиям новой пусковой схемы стартер-генератора и новой исполнительной схемы блокмагнита регулятора дизеля. Обе схемы предложены автором.

Методика расчета применяемая в настоящее время для электрического пуска дизель-генераторных установок тепловозов, в основном, заключается в определении числа витков специальной пусковой обмотки. Указанная методика не может быть использована при расчете, например, новой пусковой схемы не имеющей специальной пусковой обмотки.

Схема цепи пуска без специальной пусковой обмотки показывает, что в процессе пуска постоянное напряжение агрегата пита-

ния, например, аккумуляторной батареи, уравнивается падением напряжения на активном сопротивлении данной цепи, напряжением самоиндукции (индуктивное падение напряжения) и противоэлектродвижущей силовой вращающегося якоря. Это выразит ся так:

$$U = I \Sigma R + L \frac{dI}{dt} + E, \quad (2)$$

где U — начальное напряжение аккумуляторной батареи в в;

I — ток якоря тягового генератора в а;

$\Sigma R = R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} + R_{\text{с}} + R_{\text{ш}}$ — суммарное активное сопротивление цепи в ом;

$R_{\text{я}}$ — сопротивление якоря тягового генератора в ом;

$R_{\text{дп}}$ — сопротивление обмотки дополнительных полюсов в ом;

$R_{\text{с}}$ — эквивалентное сопротивление рабочих участков цепи в ом;

$R_{\text{ш}}$ — сопротивление щеток тягового генератора в ом;

L — индуктивность элементов пусковой цепи в гн;

E — противо — э. д. с. якоря в в.

Во время пуска совершается два уравнильных процесса — первоначальный электромагнитный и последующий пусковой, складывающийся из электромагнитного и электромеханического процессов. Первый имеет место, когда якорь тягового генератора неподвижен. На этом этапе рост тока в якоре зависит от скорости протекания первоначального уравнильного электромагнитного процесса. Спустя некоторое время, которое называется временем запаздывания, якорь начинает вращаться и с этого момента процессы — электромагнитный и электромеханический, протекают совместно, составляя последующий уравнильный или единый пусковой процесс.

Таким образом, при втором уравнильном процессе происходит механический разгон якоря совместно с коленчатым валом дизеля. Под действием пускового момента вал дизель-генератора приходит в движение и по истечении некоторого времени достигает своей установившейся скорости. Крутящий момент, который необходимо приложить к валу дизель-генератора при пуске, зависит как от скорости вращения, так и от первоначального угла поворота коленчатого вала и состоит из следующих отдельных составляющих:

$$M = M_{\text{т}} + M_{\text{к}} + M_{\text{ж}}, \quad (3)$$

где M — полный крутящий момент в кгм;

$M_{\text{т}}$ — момент от трения в кгм;

M_k — момент на преодоление компрессии в цилиндрах дизеля в кгм;

M_j — момент разгона дизель-генератора до скорости, обеспечивающей регулярные вспышки в цилиндрах в кгм.

Сумму моментов от трения и на преодоление компрессии можно представить как момент сопротивления при пуске в виде:

$$M_c = M_r + M_k \text{ кгм.} \quad (4)$$

При $M = M_c$ и соответственно $\frac{dn_{г.д}}{dt} = 0$ дизель-генератор работает в установившемся режиме. Для этого случая вращающий момент тягового генератора, работающего в режиме стартера, можно представить так:

$$M_y = M_c = C \omega_{о.в} I_y I_{о.в.у} \text{ кгм,}$$

где M_y — вращающий момент при установившемся режиме в кгм;
 C — постоянный коэффициент;

$\omega_{о.в}$ — число витков обмотки независимого возбуждения;

I_y — ток в цепи якоря при установившемся режиме в а;

$I_{о.в.у}$ — установившаяся величина тока возбуждения в а.

На данном режиме для тока якоря, тока возбуждения и числа оборотов стартер-генератора получены следующие уравнения:

$$I_y = \sqrt{\frac{M_c}{C \omega_{о.в}} \left(1 + \frac{R_{о.в}}{R_{ш}} \right)} \quad (5)$$

$$I_{о.в.у} = \sqrt{\frac{M_c}{C \omega_{о.в} \left(1 + \frac{R_{о.в}}{R_{ш}} \right)}} \quad (6);$$

$$n_{г.д} = \left(1 + \frac{R_{о.в}}{R_{ш}} \right) \left(\frac{U^2 - \Sigma R M_c}{M_c C \omega_{о.в}} \right) \quad (7).$$

где $R_{о.в}$ — активное сопротивление обмотки возбуждения в ом;

$R_{ш}$ — сопротивление шунтировки поля в ом;

ΣR — суммарное активное сопротивление пусковой цепи в ом;

U — начальное напряжение аккумуляторной батареи в в;

$n_{г.д}$ — число оборотов дизель-генератора в минуту.

Для сопротивления шунтировки поля получено уравнение:

$$R_{\text{ш}} = \frac{I_{0.в} R_{0.в}}{N_{0.в} (I_y - I_{0.в})}, \quad (8)$$

где $N_{0.в}$ — число параллельных групп обмотки возбуждения.

Пуск дизель-генераторов современных тепловозов осуществляется тяговым генератором, который в период пуска работает как серийный электромотор, для чего он снабжается специальной пусковой обмоткой. Тяговый генератор для работы в генераторном режиме имеет обмотку независимого возбуждения, последняя в период пуска дизель-генератора не функционирует.

Анализ этой системы позволил автору предложить в 1960 г. новую схему для тягового генератора. Аналогичные схемы в печати появились несколько позже. Новизна схемы заключается в том, что исключается специальная серийная пусковая обмотка и ее функцию выполняет обмотка независимого возбуждения тягового генератора. Обмотка независимого возбуждения при пуске работает как серийная обмотка т. е. сохраняет хорошее качество специальной пусковой обмотки, ее серийность.

При новой схеме пиковое значение пускового тока существенно уменьшается. Для некоторой оценки положительного влияния уменьшения пикового тока на работу аккумуляторной батареи следует указать, что емкость кислотных батарей значительно уменьшается с ростом тока разряда. Это видно из приведенной формулы, по которой подсчитывается емкость при токах больше номинальных:

$$Q_p = 0,4 Q_{\text{ном}} \lg \frac{I_{\text{макс}}}{I_p} \text{ а — час}, \quad (9)$$

где I_p — разрядный ток в а, при котором определяется Q_p
 $I_{\text{макс}}$ — ток короткого замыкания аккумулятора в а, заданный заводом для данного типа батареи.

Таким образом, новая схема упрощает конструкцию тягового генератора, что в свою очередь уменьшает его вес. Кроме того, она улучшает условия эксплуатации аккумуляторных батарей.

В результате тщательного анализа работы блокмагнита регулятора дизеля в условиях эксплуатации и при лабораторных исследованиях предложена простая и надежная схема, позволяющая: во-первых, упростить устройство блокмагнита, и во-вторых, устранить имеющиеся характерные недостатки его работы.

Новая схема основана на использовании явления, значительного увеличения омического сопротивления лампы накаливания по

мере ее нагревания. Холодное сопротивление нити лампы накаливания соответствует начальному этапу работы, т. е. включению блокмагнита, когда требуется иметь наибольшее усилие для втягивания плунжера.

По новой исполнительной схеме блокмагнита в тепловозной лаборатории ДИИТта произведено более 120 пусков дизель-генераторной установки. Преимущество новой схемы перед существующей заключается в следующем: новая схема более надежна в работе; при этой схеме исключается число деталей и количество электрических клемм; лампа накаливания одновременно служит контрольной лампой для сигнализации неисправностей в цепи.

В главе четвертой рассматриваются методика расчета мощности пускового агрегата и вопросы усовершенствования пусковых схем дизель-генераторов.

Расчет, относящийся к пуску дизель-генераторных установок проектируемых тепловозов, в основном, заключается в определении числа витков специальной пусковой обмотки в полюсных катушках тягового генератора. При проектировании пусковых систем автомобильных, авиационных и ряд других силовых установок производится расчет электрического стартера (при электрическом пуске) — его мощности, максимального крутящего момента и т. п.

При совершенствовании метода расчета, который применяется в данной области в настоящее время, прежде всего необходимо уточнить способ определения величины мощности требуемой для осуществления процесса пуска силовых установок, в частности для тепловозных дизель-генераторов. Полезную мощность пускового агрегата для дизель-генератора можно представить в виде следующего уравнения:

$$P = I_6[E_6 - I_6(\Sigma R + R_6) - \Delta U_{\text{ш}}], \quad (10)$$

где I_6 — пусковой ток в а;

E_6 — э. д. с. батарей в в;

R_6 — внутреннее сопротивление батарей в ом;

$\Delta U_{\text{ш}}$ — падение напряжения в щетках пускового агрегата (тягового генератора работающего в режиме стартера) в в;

ΣR — суммарное активное сопротивление пусковой цепи в ом.

После подстановки в уравнение (10) начального напряжения батарей U_6 и простых преобразований получаем

$$P = I_6(U_6 - \Delta U_{\text{ш}}) - I_6^2 \Sigma R. \quad (11)$$

Условие, при котором мощность P достигает максимума:

$$\frac{!dP}{dJ_6} = U_6 - \Delta U_{ш} - 2I_6 \Sigma R = 0, \quad (12)$$

откуда

$$I_{6 \text{ макс}} = \frac{U_6 - \Delta U_{ш}}{2 \Sigma R}.$$

Подставляя значение $I_{6 \text{ макс}}$ в уравнении (11) после простых преобразований получаем:

$$P_{\text{макс}} = \frac{(U_6 - \Delta U_{ш})^2}{2 \Sigma R} - \frac{(U_6 - \Delta U_{ш})^2 \Sigma R}{4 \Sigma R^2}. \quad (13)$$

Подставляя установленное значение $\Delta U_{ш} = 2$ в уравнение (13) и выражая P в квт получаем формулу максимальной электромагнитной мощности пускового агрегата:

$$P_{\text{макс}} = \frac{(U_6 - 2)^2}{4000 \Sigma R} \text{ квт.} \quad (14)$$

Из формулы видно, что для повышения мощности пускового агрегата необходимо увеличить напряжение источника питания или уменьшить активное сопротивление в пусковой цепи.

Для изучения закономерностей изменения потребляемой мощности и общего вращающего момента в течение всего фактического пускового периода, произведена математическая обработка осциллограмм ряда пусковых процессов. По результатам этих обработок построены зависимости потребляемой мощности $P=f(t)$ и вращающего момента $M=f(t)$ в функции времени.

Изучение вопроса отдачи пусковой аккумуляторной батареи с точки зрения ее эксплуатации не является безинтересным. Более того, величина отдачи, например, по энергии (энергетический к.п.д.) дает представление о том, насколько совершенно обратимые процессы в батарее характеризуют способность батареи возвращать полученную энергию. Энергетический к.п.д. определяется следующим равенством:

$$\eta_s = \frac{W_p}{W_s} = \frac{\int_0^{T_p} I_{6p} U_{6p} dt}{\int_0^{T_s} I_{6s} U_{6s} dt}, \quad (15),$$

бы. При этом средний расход элементов аккумуляторных батарей на двухсекционном тепловозе уменьшиться более, чем в два раз, а их мертвый вес на 1300 кг.

Новый способ такого пуска практически был осуществлен на советских двухсекционных тепловозах серии ТЭ2 и ТЭ3.

Глава пятая посвящена исследованию влияния теплового состояния и числа оборотов дизель-генератора на его пусковые качества.

Для сокращения пускового периода и осуществления плавной работы дизеля вообще необходимо уменьшить индикаторный период задержки воспламенения. От продолжительности физико-химической подготовки топлива к воспламенению, зависит также и величина максимального давления.

Определение величины периода задержки воспламенения при определенных условиях может характеризовать режим пуска дизеля. В общем виде индикаторный период задержки воспламенения может быть представлен в виде следующего выражения:

$$\tau_i = \tau_p + \tau_{ii} + \tau_x \quad (16)$$

где τ_p — время распыливания;
 τ_{ii} — время испарения и диффузии;
 τ_x — время химических превращений.

Величина τ_p в тепловых дизелях Д-50 и 2Д100 — как двигателей с наддувом и непосредственным впрыском, весьма мала по сравнению с другими слагаемыми. Поэтому, если принять, что топливо распыливается на капли сразу же на выходе из форсунки, можно написать.

$$\tau_i = \tau_{ii} + \tau_x. \quad (17)$$

Для определения минимальных чисел оборотов, обеспечивающих надежный пуск дизеля при разных условиях, проводилась серия опытов. В частности, пуски проводились при разных напряжениях пусковых аккумуляторов, в том числе для разных тепловых состояний регулятора дизеля.

В целях изучения некоторых факторов пускового процесса при пониженном тепловом состоянии дизелей, проведены опытные пуски при низких температурах. В результате проведенных экспериментов исследована работа регулятора дизеля на двух сортах масел, установлена связь между пусковым периодом и закономерностью подачи топлива.

Результаты экспериментов показали, что при работе регулятора дизеля на масле МК-22 и на смеси МК-22 с Д-11 продолжительность промежуточной остановки дизеля, в зависимости от теплового

состояния дизель-генератора, длится от 100 до 200 сек. Кроме того, установлено, что удовлетворительная работа регулятора на всем диапазоне рабочих температур не возможна ни на масле МК-22, ни на его смеси, применение которых предусматриваются инструкцией в виде заменителей масла Д-11 в летний период с целью улучшения условий работы регулятора.

Такая оценка работы регулятора на указанных маслах распространяется как на пусковой, так и на другие режимы. Из этого следует, что стабильная работа регулятора связана с отсутствием влияния его теплового состояния на номинальную подачу топлива возможна при условии постоянной вязкости масла, а следовательно, и температуры масла.

Температура $\tau_{м.р} = 25 \div 30^\circ\text{C}$, как показывают проведенные опыты, является лучшей для работы регулятора. Поддерживать такую температуру масла в регуляторе можно разными путями. Так, например, этого можно достичь, если регулятор охлаждать небольшим воздушным вентилятором.

Произведенный анализ показывает десйствительную целесообразность предварительной прокачки масла в системе перед пуском и в особенности после длительных стоянок, а также целесообразность подогрева дизеля при низком тепловом состоянии перед его пуском.

Конец пуска дизель-генератора (ТЭ1, ТЭ2), характеризуется моментом отключения пусковых контакторов, когда манометр масляной системы дизеля, установленный на пульте управления, показывает определенное значение. Между тем фактический пуск т. е. начало регулярных вспышек в цилиндре, обеспечивающих самостоятельную работу дизеля наступает раньше, чем создается заданное давление у масляного манометра. Данное условие приводит к тому, что после фактического пуска для обеспечения питания блок-магнита регулятора дизеля продолжается непроизводительная разрядка пускового аккумулятора.

Выводы

1. В работе дано обобщение методики и разработаны специальные устройства для проведения экспериментальных исследований неустановившихся процессов работы дизель-генераторов. При этом самостоятельный интерес представляют метод осциллографических записей результирующей магнитной индукции в воздушном зазоре стартер-генератора, производимых посредством специального датчика, и метод записей величины выхода реек топливного насоса при помощи преобразователя линейного перемещения. Первый может быть использован вообще при исследовании электромагнитных явлений в электрических машинах тепловозов.

2. Дана методика расчета схемы пуска дизель-генераторных установок, позволяющая производить расчет новой пусковой схемы. Указанная методика может быть использована также при рассмотрении других электрических схем пуска тепловозных дизель-генераторов.

3. Проведенные теоретические и прикладные исследования дали возможность обоснованно предложить новую электрическую схему тягового генератора (работающего в стартерном режиме) с одновременным сохранением его последовательного возбуждения. Новая схема по сравнению с серийными схемами обладает рядом преимуществ, ее можно рекомендовать для использования при проектировании новых и модернизации существующих тяговых генераторов тепловозов.

4. В результате проведенного исследования был усовершенствован принцип работы исполнительный схемы блокировочного магнита регулятора дизеля. Показана целесообразность модернизации серийных тепловозов, данной усовершенствованной исполнительный схемой блокировочного магнита.

5. Проведенные исследования дали возможность предложить новый способ пуска дизель-генераторов многосекционных тепловозов. Новый способ, при котором агрегатом питания служит тяговой генератор одной секции, работающей в генераторном режиме, является практически приемлемым и экономически эффективным. В работе показано, что данный способ может найти применение на существующих двухсекционных тепловозах и может быть использован при проектировании новых многосекционных тепловозов с электрической передачей.

6. Решена поставленная задача по определению аналитического выражения для подсчета максимальной мощности пускового агрегата, что необходимо при проектировании пусковых систем тепловозных дизель-генераторов.

7. На основе графоаналитических расчетов и экспериментальных данных доказана большая экономическая целесообразность отключения аккумуляторной батареи, в начальный момент самостоятельной работы дизеля при пусковом режиме. Отключение может осуществляться по сигналу первой групповой вспышки в цилиндрах или по сигналу связанному со скоростью вращения дизель-генератора. Данное предложение может быть реализовано для практического применения на серийных тепловозах.

8. Уточнены значения коэффициента кратности пускового тока и методика определения числа потребных элементов аккумуляторной батареи. Это позволяет расчет отдельных параметров пусковых систем, например, величину пикового значения пускового тока, производить более точно.

9. В диссертации исследованы закономерности относящиеся к

минимальным пусковым оборотам двух пусковых схем (серийной и новой) для разных тепловых условий работы дизеля. Установлено, что диапазон чисел оборотов для рассматриваемых тепловозных дизелей, обеспечивающих надежный пуск, может колебаться от 100 до 200 об/мин.

10. Установлено, что применение смеси масел Д-11 и МК-22 при высоких температурах дизеля не решает вопрос удовлетворительной работы регулятора дизеля. Устойчивую работу регулятора дизеля в том числе и соблюдение эффективного пускового процесса на всем диапазоне рабочих температур дизеля, можно обеспечить при условии постоянной величины вязкости масел в регуляторе.

Материал по данному выводу рекомендуется использовать при проектировании новых и модернизацию серийных тепловозов.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Ш а в е р д о в Ю. Ш. Исследование пусковых процессов тепловозных дизель-генераторов. Труды кафедры подвижного состава Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта. Днепропетровск, 1961.

2. Ш а в е р д о в Ю. Ш. К вопросу расчета пускового режима дизель-генераторных установок тепловозов. Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта. Вып. 34. Днепропетровск, 1961.

3. Ш а в е р д о в Ю. Ш. О расчете мощности агрегата для пуска тепловозного дизель-генератора. Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта. Вып. 40. Днепропетровск, 1962.

4. Ш а в е р д о в Ю. Ш. Ремонт и эксплуатация аккумуляторных батарей тепловозов. М., Трансжелдотиздат, 1957.

5. Ш а в е р д о в Ю. Ш. Способ пуска дизель-генераторов многосекционных тепловозов с электрической передачей. Авторское свидетельство № 118391. «Бюллетень изобретений», 1959, № 5.

Основные положения диссертации докладывались на ученом Совете (1961 г.) и на кафедре подвижного состава и тягового хозяйства (1963 г.) ДИИТ'а.