

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНОЙ И ТРАКТОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
„НИИАВТОПРИБОРОВ“

На правах рукописи

6
A-1

Инженер Б. К. ГЕ

**ВЫБОР НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКТОВ ПИТАНИЯ
ОСВЕЩЕНИЯ, ПОВЫШАЮЩИХ НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ
ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва—1951 г.

154.3701
57

ВВЕДЕНИЕ

Согласно плану, начертанному товарищем Сталиным в исторической речи 9-го февраля 1946 года, одна из ведущих отраслей народного хозяйства — автотракторная промышленность насыщает тракторные и автомобильные парки новыми, более совершенными машинами, в соответствии с теми высокими требованиями, которые предъявляет социалистическое сельское хозяйство и великие стройки коммунизма.

Высокая степень использования тракторов и автомобилей в народном хозяйстве при значительной загрузке их не только в дневное, но и ночное время, предъявляет повышенные требования к освещению машин и обрабатываемых объектов.

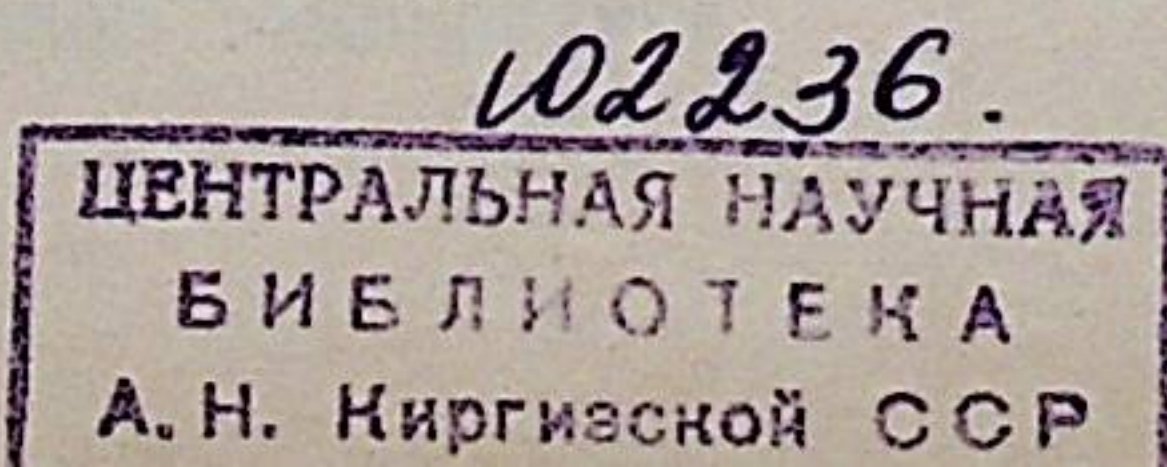
Увеличение средних эксплуатационных скоростей, повышение автоматизации управления автомобилями, внедрение на двигателях тракторов средней и большой мощности всережимных регуляторов, предъявляют к источникам питания электроэнергией этих машин новые требования.

Качество работы источников питания определяет, в значительной мере, экономические показатели машин.

В связи с этим были поставлены задачи рассмотрения условий работы приборов освещения и аккумуляторных батарей в эксплуатации, анализа работы источников питания электроэнергией на тракторах и автомобилях и разработки теоретических предпосылок для обоснования необходимых изменений, направленных к повышению надежности и устойчивости работы источников питания.

Работами школы акад. Кулебакина В. С. и других советских ученых впервые был дан теоретический анализ процессов в комплектах питания электроэнергией авиационных и транспортных машин. В исследованиях, приведенных ниже, были использованы теоретические положения этих работ.

Постановка и проведение настоящей работы было обусловлено все более и более возрастающими требованиями социалистического сельского хозяйства к технической оснащенности машинно-тракторных станций и колхозов, требованиями более высокого использования тракторов и автомобилей в сельском хозяйстве и повышению надежности и срока службы их в эксплуатации.



РАЗДЕЛ I.

Анализ основных показателей приборов освещения и аккумуляторных батарей при изменении напряжения питания и условий работы машин в эксплуатации.

Общие требования, предъявляемые к пределам изменения напряжения питания.

Нормальные условия эксплуатации приборов освещения и аккумуляторных батарей тракторного и автомобильного парка определяются, в основном, пределами изменения напряжения сети питания.

а) Схема электрооборудования машины без аккумуляторной батареи.

Схема характерна для тракторов, где допустимые пределы изменения напряжения в сети питания определяются основными показателями ламп—световым потоком и сроком службы их.

Анализ показателей ламп при работе источников питания с регулируемым и нерегулируемым напряжением позволил сделать следующие выводы:

1. Пределы изменения напряжения генератора с нерегулируемым напряжением (переменного тока с постоянными магнитами) $U_{пит} \cong U_{ном} \pm 30\% U_{ном}$, при номинальной нагрузке, обуславливает недопустимо низкие минимальные пределы срока службы ламп $M_{мин} \cong 2\% M_{ном}$ и светового потока $F_{мин} \cong 20\% F_{ном}$.

Внедрение на тракторах средней и повышенной мощности все-режимных регуляторов расширяет рабочий диапазон скоростей двигателей так, что отношение $\frac{P_{макс}}{P_{мин}}$ увеличивается от 1,8 до 3,5;

в этом случае основные показатели ламп еще более ухудшаются.

4. Пределы изменения напряжения питания, которые обеспечиваются комплектом генератора с регулируемым напряжением $U_{пит} \cong U_{ном} \pm 8\% U_{ном}$ обуславливают минимальные пределы срока службы и светового потока ламп $M_{мин} \cong 30\% M_{ном}$ и $F_{мин} \cong 70\% F_{ном}$; дополнительное расширение рабочего диапазона скоростей двигателей не влияет на эти показатели.

Следовательно, комплект питания с регулируемым напряжением обеспечивает значительно лучшие условия работы осветительной системы тракторов по сравнению с генераторами без регулировки напряжения.

б) Схема электрооборудования машины с аккумуляторной батареей.

При наличии в системе электрооборудования машины аккумуляторной батареи значительно улучшаются условия труда на машине, обеспечивается освещение при неработающем двигателе и стартерный запуск двигателей легкого топлива. Допустимые пределы изменения напряжения генератора в этом случае определяются режимом заряда и разряда, обеспечивающими требуемый срок службы и необходимый баланс заряда аккумуляторной батареи.

Экспериментом установлено, что зависимость $I_{пер} = f(U_{зар})$ при разных постоянных температурах электролита выражается семейством кривых, обращенных выпуклостью к оси абсцисс, на которой откладываются изменения напряжения заряда.

Экспериментальные данные позволяют приблизительно установить допустимые пределы изменения напряжения. С этой целью предлагается анализ в следующей форме:

Если зависимость $I_{пер} = f(U_{зар})$ при постоянной температуре электролита построить в логарифмических координатах, то $I_{пер} = f(I_{пер} U_{зар})$ выразится прямой линией. Следовательно, кривая зависимости $I_{пер} = f(U_{зар})$ имеет постоянный показатель степени. В логарифмических координатах этот показатель степени характеризует угол наклона прямой к оси абсцисс.

Выполняя преобразования, получаем формулу, выражающую зависимость тока перезаряда батареи при данной температуре электролита от величины напряжения питания сети $\frac{I_{пер}}{I'_{пер}} = \left(\frac{U_{зар}}{U^1_{зар}}\right)^m$ где $U^1_{зар}$ — напряжение заряда, при котором ток перезаряда $I'_{пер}$ равен одному амперу.

Для батареи 6-СТЭ-60, согласно экспериментальным кривым, при $U^1_{зар} = 14,5$ вольт и $I'_{пер} = 1A$, $m=10$.

Проведенный анализ влияния регулируемого напряжения сети питания на работу аккумуляторной батареи показал:

1. Пределы изменения регулируемого напряжения определяются требованиями, обеспечивающими необходимый срок службы и баланс заряда батареи.

2. Верхний предел регулируемого напряжения, при высшей окружающей температуре, определяется максимально допустимой величиной тока перезаряда, который является одним из основных факторов, влияющих на срок службы батареи.

Нижний предел регулируемого напряжения определяется минимально допустимым числом ампер-часов заряда аккумуляторной батареи при низшей температуре.

3. Для обеспечения требований эксплуатации в отношении сроков службы и баланса положительного заряда батарей, пределы регулируемого напряжения должны быть достаточно узки.

На основании результатов проведенного анализа для батарей, устанавливаемых на автомобилях новых типов, обоснованы допустимые пределы изменений напряжения: $U_{рег} = U_{ном} \pm 3 \cdot U_{ном}$.

4. Для батарей, подогреваемых теплом от двигателя, и работающих при узком диапазоне изменения температуры электролита, достаточен один диапазон регулируемого напряжения.

Для батарей, не подогреваемых теплом от двигателя, и работающих на широком диапазоне изменения температуры электролита, необходимо иметь, по крайней мере, два диапазона регулируемого напряжения, соответствующего зимнему и летнему периодам.

5. Подводя итоги по результатам анализа основных показателей приборов освещения и аккумуляторных батарей находим, что изменения напряжения питания должны иметь узкие пределы, в особенности, если в схеме электрооборудования машины имеется аккумуляторная батарея.

РАЗДЕЛ II.

Влияние отдельных элементов схемы регулятора на стабильность регулируемого напряжения в различных условиях эксплуатации машины.

Эксплуатационная надежность источника электрического питания на автомобиле и тракторе зависит от правильного выбора схемы регулятора и отдельных ее параметров.

Теоретический и расчетный анализ влияния элементов схем комплектов питания на стабильность напряжения системы позволил выразить в общем виде значения некоторых параметров схемы и выявить зависимость их от условий эксплуатации машин. Последующая проверка полученных данных осциллографированием, а также стендовыми и эксплуатационными испытаниями подтвердила эти выводы.

А. Сопротивление, шунтирующее обмотку возбуждения генератора.

Академ. Кулебакиным В. С. выведена формула, определяющая мощность на контактах регулятора $P_{к макс} = \frac{U^2 \cdot \gamma_d}{\gamma_B^2}$

где γ_B — сопротивление обмотки возбуждения генератора,
 γ_d — сопротивление, шунтирующее контакты регулятора.

Не трудно убедиться, что для случая применения в схеме $\gamma_{ш}$ формула, выражающая мощность на контактах, принимает вид:

$$P_k = \left(i_B + \frac{U}{\gamma_{ш}} \right) \left(\frac{U - i_B \gamma_B}{\tau_p} \right), \quad \text{где ток возбуждения генератора}$$

$$i_B = \frac{U}{\gamma_B + \frac{(\gamma_{ш} + \gamma_B) \gamma_d \tau_p}{\gamma_{ш} + \gamma_d \tau_3}},$$

τ_3 и τ_p — относительная замкнутость и разомкнутость контактов.

На основании этих формул был проведен анализ зависимости $P_k = f(\gamma_{ш})$ при разных значениях τ_3 .

Анализ в форме расчета был проведен для комплекта питания, устанавливаемого на автомобилях новых типов.

Результаты расчета близко совпадают с данными эксперимента, полученными при осциллографировании процессов.

Анализ расчетных и экспериментальных данных позволил установить следующее:

а) Сопротивление, шунтирующее обмотку возбуждения генератора по величине должно быть примерно равным сопротивлению, шунтирующему контакты регулятора $\gamma_{ш} \cong \gamma_d$; такое значение обеспечивает значительное уменьшение P_k при больших значениях τ_3 и незначительное увеличение P_k при малых значениях τ_3 .

б) При значениях τ_3 в пределах $\tau_3 = 0,95—0,99$, соответствующих зоне малых скоростей генератора, применение сопротивления весьма эффективно.

В этих условиях мощность разрыва уменьшается на 15—30%.

в) При значениях $\tau_3 = 0,8 \pm 0,1$, соответствующих зоне средних скоростей генератора, применение $\gamma_{ш}$ не оказывает существенного влияния на разрывную мощность.

г) Начиная с значения $\tau_3 = 0,6$ и меньше, соответствующего зоне максимальных скоростей генератора, мощность разрыва с применением $\gamma_{ш}$ несколько увеличивается. Однако, это увеличение не имеет существенного значения вследствие малых, по абсолютному значению, разрывных мощностей, которые соответствуют этому режиму работы.

Приведенные данные позволяют сделать вывод:

Если машина по условиям эксплуатации значительный процент времени работает при низких скоростях генератора (частые стоянки с работающим двигателем и т. п.), то рационально применять сопротивление $\gamma_{ш}$, шунтирующее обмотку возбуждения генератора, которое в этом случае особенно эффективно улучшает режим контактной системы и повышает надежность и стабильность работы регулятора напряжения.

Проведенный анализ дает возможность теоретически обосновать известное в литературе указание относительно оптимального соотношения между $\gamma_{ш}$ и γ_d , обоснованное до сего времени исключительно данными практики.

Б. Дополнительное сопротивление в цепи обмотки возбуждения генератора.

Показано, что дополнительное сопротивление в цепи обмотки возбуждения генератора значительно снижает разрывную мощность контактной системы и выравнивает характеристику $U = f(n)$.

а) Уменьшение мощности разрыва контактной системы было установлено экспериментально методом осциллографирования. Эксперимент проводился с комплектом, устанавливаемым на новых типах автомобилей. Применение дополнительного сопротивления снижало максимальную мощность разрыва на $\approx 17\%$.

Это снижение особенно эффективно, когда трактор или автомобиль работают значительный процент времени на малых скоростях двигателя или с частыми стоянками.

б) Выравнивающее действие дополнительного сопротивления.

Анализ процессов в шунтовой обмотке регулятора позволил вывести расчетную формулу для определения величины дополнительного сопротивления в обмотке возбуждения генератора $r_{доп}$ обеспечивающего необходимое выравнивающее действие на характеристику.

Неустановившийся процесс в шунтовой обмотке регулятора, начиная с момента замыкания контактов регулятора с параметрами схемы указанными ниже, описывается уравнением:

$$U = i_p \left(r_p + \frac{r_1 r_y}{r_1 + r_y} \right) + L_p \frac{di_p}{dt} = i_p R_{э1} + L_p \frac{di_p}{dt} \quad \text{где.}$$

U — регулируемое напряжение.

i_p — ток шунтовой обмотки регулятора,

r_p — сопротивление шунтовой обмотки регулятора,

r_n — сопротивление обмотки возбуждения генератора,

r_y — ускоряющее сопротивление,

$r_1 + r_y$ — сопротивление, шунтирующее контакты,

L_p — коэффициент индуктивности шунтовой обмотки регулятора.

Решая уравнение, получим:

$$i_p = \frac{U}{R_{э1}} + \left(i_1 - \frac{U}{R_{э1}} \right) e^{-\frac{t}{T_1}}, \quad \text{где } T_1 = \frac{L_p}{R_{э1}}$$

Момент начала размыкания контактов описывается уравнением:

$$U = i_n r_y + i_p (r_y + r_p) + L_p \frac{di_p}{dt}$$

Решая уравнение, получаем:

$$i_p = \frac{U - i_n r_y}{r_y + r_p} + \left(i_2 - \frac{U - i_n r_y}{r_y + r_p} \right) e^{-\frac{t}{T_2}}, \quad \text{где } T_2 = \frac{L_p}{R_{э2}}$$

После преобразований с учетом, что предельные значения токов i_1 и i_2 при замыкании и размыкании контактов и увеличении L_p стремятся к значению i_p , находим выражение для i_p в форме:

$$i_p = U \left[\frac{1}{r_y + r_p} - \frac{r_y}{(r_1 + r_y)(r_p + r_y)} \right] + i_n \frac{r_y r_n}{(r_1 + r_y)(r_p + r_y)}$$

Аналогичные выкладки проводим для случая, соответствующего наличию в схеме регулятора дополнительного сопротивления $r_{доп}$ в цепи возбуждения генератора.

Приравнявая члены выражения i_p , зависящие от i_n для обоих случаев, получаем после преобразований:

$$r_{доп} = r_n \frac{r_y}{r_1}$$

Выведенная формула позволяет определить величину дополнительного сопротивления $r_{доп}$, обеспечивающую желаемое выравнивающее действие.

Экспериментальная проверка величины $r_{доп}$ на комплектах питания, устанавливаемых на машинах М-20, ГАЗ-51, ЗИС-150, показала, что расчетная величина $r_{доп}$ обеспечивает допустимые пределы изменения напряжения характеристики $U = f(n)$.

Данный анализ является теоретическим обоснованием применения $r_{доп}$ в схеме модернизированного реле-регулятора РР-12 (машины М-20, ГАЗ-51 и ЗИС-150).

РАЗДЕЛ III.

Зависимость регулируемого напряжения от изменения зазоров в регуляторе.

Для определения изменения регулируемого напряжения от изменения зазоров между якорем и сердечником и якорем и ярмом регулятора, предлагается формула:

$$\Delta U = \frac{\Delta P_{эл} - \Delta P_{пр}}{2 P_{эл}} U, \quad \text{где}$$

ΔU — изменение регулируемого напряжения при изменении зазора Δz между якорем и сердечником или якорем и ярмом.

$\Delta P_{эл}$ и $\Delta P_{пр}$ — изменения тяговых усилий электромагнитной системы и пружин при изменении зазора.

$P_{эл}$ — тяговое усилие электромагнитной системы при напряжении U .

Применяя выведенную формулу к процессам в регуляторах, устанавливаемых на новых типах автомобилей, получаем, что при номинальном зазоре между якорем и сердечником, изменение зазора на 0,05 мм обуславливает изменение регулируемого напряжения на 0,6 вольта.

Расчетные данные были подтверждены экспериментом.

Выведенная формула позволяет судить о количественных соотношениях между изменениями зазоров, которые могут иметь место в условиях эксплуатации, вследствие износа деталей и изменениями регулируемого напряжения.

РАЗДЕЛ IV.

Влияние соотношений между тяговыми усилиями электромагнитной системы и усилиями пружин при изменении зазоров на стабильность регулируемого напряжения.

Полученные в разделе III результаты позволили выявить влияние соотношений между усилиями колебательных систем на стабильность регулируемого напряжения.

С этой целью предлагается разделить существующие колебательные системы на две группы:

А. Колебательная система, в которой суммарные усилия пружин имеют постоянную составляющую, не зависящую от изменения зазора.

Б. Колебательная система, в которой все составляющие усилия пружин зависят от изменения зазора.

А. Колебательная система, в которой суммарные усилия пружин имеют постоянную составляющую, не зависящую от изменения зазора.

Такая система устанавливается на регуляторах автомобилей новых типов.

Предлагается выражать суммарное усилие пружинной системы формулой:

$$P_{пр} = A + a(\delta_0 - \delta), \quad \text{где}$$

A — постоянное натяжение плоской пружины, несущей верхний контакт, не зависящее от постоянной составляющей зазора,

a — коэффициент, равный тангенсу угла наклона характеристики, выражающей зависимость усилий спиральной пружины от зазора между якорем и сердечником,

δ_0 — зазор, при котором усилие спиральной пружины равно нулю,
 δ — рабочий зазор, при котором регулятор поддерживает номинальное напряжение.

При изменении зазора $\Delta P_{пр} = \Delta(\delta_0 - \delta)a$ т. е. в компенсации прироста $\Delta P_{эл}$, который обуславливается изменением зазора, при

маст участие лишь та часть $(\delta_0 - \delta)$ общего усилия пружин, которая зависит от изменения зазора.

Предельный случай — спиральная пружина отсутствует:

$$P_{пр} = A; \quad a(\delta_0 - \delta) = 0$$

Изменения регулируемого напряжения при изменении зазора получают в этом случае максимальное значение $\Delta U_{\max} = U \frac{\Delta P_{эл}}{2P_{эл}}$

Экспериментами были подтверждены выводы о влиянии составляющих A и $a(\delta_0 - \delta)$ пружинной системы на характеристики регулятора $U = f(\delta)$.

Колебательная система с постоянной составляющей усилий пружин, не зависящей от изменения зазора, обуславливает характеристику регулятора близкую по форме к прямой наклоненной к оси абсцисс, на которой откладываются изменения зазора δ между якорем и сердечником.

Чем больше составляющая A , тем больше угол между прямой $U = f(\delta)$ и осью абсцисс.

Б. Колебательная система, в которой все составляющие усилия пружин зависят от изменения зазора.

Такая система с одной пружиной устанавливается на регуляторах тракторов С-80.

Поскольку система с одной пружиной не обеспечивает удовлетворительной работы контактов, была введена дополнительная плоская пружина, с таким расчетом, чтобы все составляющие усилия пружин зависели от изменения зазора.

Суммарные усилия пружин такой системы предлагается выражать формулой:

$$P_{пр} = a_1(\delta_0' - \delta) + a_2(\delta_0'' - \delta), \quad \text{где}$$

a_1 — коэффициент равный тангенсу угла наклона характеристики, выражающей зависимость усилий плоской пружины от зазора между якорем и сердечником,

a_2 — коэффициент равный тангенсу угла наклона характеристики, выражающей зависимость усилий спиральной пружины от зазора между якорем и сердечником,

δ_0' — зазор, при котором усилие плоской пружины равно нулю,

δ_0'' — зазор, при котором усилие спиральной пружины равно нулю.

В рассматриваемой системе не имеется составляющей, не зависящей от изменения зазора, поэтому коэффициенты пружинной си-

стемы могут быть выбраны достаточной величины, чтобы прирост усилий пружинной системы

$$\Delta P_{\text{пр}} = \left\{ \Delta [(\delta_0' - \delta) a_1] + \Delta [(\delta_0'' - \delta) a_2] \right\}$$

обеспечивал, при изменении зазора, компенсацию прироста тягового усилия электромагнитной системы $\Delta P_{\text{эл}}$ т. е.

$$\Delta P_{\text{эл}} - \left\{ \Delta [(\delta_0' - \delta) a_1] + \Delta [(\delta_0'' - \delta) a_2] \right\} \cong 0 \text{ или } \Delta U \cong 0$$

Характеристика $U = f(\delta)$ при этой системе имеет форму кривой, обращенной выпуклостью к оси абсцисс, на которой откладываются изменения зазора δ между якорем и сердечником.

В точке кривой, соответствующей $\frac{dU}{d\delta} = 0$ касательная к кривой

$U = f(\delta)$ параллельна оси абсцисс. В окрестности этой точки регулируемое напряжение изменяется весьма незначительно при изменении зазора.

Экспериментальные кривые $U = f(\delta)$ подтвердили приведенные выше рассуждения.

Анализ систем позволяет сделать следующие выводы:

А. Система, в которой суммарные усилия пружин имеют постоянную составляющую, не зависящую от изменения постоянной составляющей зазора (δ).

Система характеризуется заметными изменениями напряжения при непостоянстве зазоров, но обеспечивает кратковременность дуговых процессов между контактами, в особенности при жестком нижнем контакте, вследствие высокой частоты собственных колебаний и может быть рекомендована при $U_{\text{ном}} = 12$ вольт.

Б. Система, в которой все составляющие усилия пружин зависят от изменения зазора δ дает большую стабильность регулируемого напряжения при изменении зазоров; однако, имеет следующие особенности:

а) При одной пружине — частота собственных колебаний системы понижена, что ведет к повышенному износу контактов вследствие затягивания дуговых процессов между ними.

б) При двух пружинах — частота собственных колебаний системы возрастает, условия работы контактов значительно улучшаются, однако, система получается достаточно сложной в конструктивном и технологическом отношении.

РАЗДЕЛ V.

Исследование механических колебаний якоря регулятора и условий разрыва его контактов, в зависимости от режима работы комплекта питания, применительно к существующим и предлагаемой колебательным системам.

1. Методика исследования.

Процессы исследуемых механических колебаний записывались посредством приспособления, состоящего из системы подвижных зеркал, на оптическую часть осциллографа, одновременно с электрическими процессами, которые передавались обычным порядком на шлейфы.

Исследования колебаний проводились в зависимости от следующих изменяющихся величин:

- напряжения регулирования,
- скорости генератора.

Процессы электрических и механических колебаний, которые записывались при осциллографировании:

- напряжение на контактах,
- ток контактов,
- ток обмотки возбуждения генератора,
- механические колебания якоря регулятора,
- механические колебания пружин, несущих контакты.

Предлагаются следующие показатели, которые характеризуют работу колебательных систем и служат основными факторами при оценке существующих и предлагаемой колебательных систем:

I_d — длительность дуговых процессов в секундах за 1 час работы регулятора,

$I_{\text{я ср}}$ — средние амплитуды колебаний якоря в мм,

W_m — условная механическая мощность колебаний узла, пружина—якорь регулятора,

A_m — условная механическая работа узла, пружина—якорь за 100 часов работы регулятора.

Для оценки условий работы контактных систем предлагаются следующие определения для характеристики видов разрывов контактов:

Первый вид — характеризуется отсутствием дугового процесса в течение всего времени разрыва контактов.

Второй вид — дуговой процесс имеется в начале расхождения контактов. При дальнейшем расхождении контактов дуговой процесс обрывается.

Третий вид — дуговой процесс имеется в течение всего времени расхождения контактов.

стемы могут быть выбраны достаточной величины, чтобы прирост усилий пружинной системы

$$\Delta P_{пр} = \left\{ \Delta [(\delta_0' - \delta) a_1] + \Delta [(\delta_0'' - \delta) a_2] \right\}$$

обеспечивал, при изменении зазора, компенсацию прироста тягового усилия электромагнитной системы $\Delta P_{эл}$ т. е.

$$\Delta P_{эл} - \left\{ \Delta [(\delta_0' - \delta) a_1] + \Delta [(\delta_0'' - \delta) a_2] \right\} \cong 0 \text{ или } \Delta U \cong 0$$

Характеристика $U = f(\delta)$ при этой системе имеет форму кривой, обращенной выпуклостью к оси абсцисс, на которой откладываются изменения зазора δ между якорем и сердечником.

В точке кривой, соответствующей $\frac{dU}{d\delta} = 0$ касательная к кривой

$U = f(\delta)$ параллельна оси абсцисс. В окрестности этой точки регулируемое напряжение изменяется весьма незначительно при изменении зазора.

Экспериментальные кривые $U = f(\delta)$ подтвердили приведенные выше рассуждения.

Анализ систем позволяет сделать следующие выводы:

А. Система, в которой суммарные усилия пружин имеют постоянную составляющую, не зависящую от изменения постоянной составляющей зазора (δ).

Система характеризуется заметными изменениями напряжения при непостоянстве зазоров, но обеспечивает кратковременность дуговых процессов между контактами, в особенности при жестком нижнем контакте, вследствие высокой частоты собственных колебаний и может быть рекомендована при $U_{ном} = 12$ вольт.

Б. Система, в которой все составляющие усилий пружин зависят от изменения зазора δ дает большую стабильность регулируемого напряжения при изменении зазоров; однако, имеет следующие особенности:

а) При одной пружине — частота собственных колебаний системы понижена, что ведет к повышенному износу контактов вследствие затягивания дуговых процессов между ними.

б) При двух пружинах — частота собственных колебаний системы возрастает, условия работы контактов значительно улучшаются, однако, система получается достаточно сложной в конструктивном и технологическом отношении.

РАЗДЕЛ V.

Исследование механических колебаний якоря регулятора и условий разрыва его контактов, в зависимости от режима работы комплекта питания, применительно к существующим и предлагаемой колебательным системам.

1. Методика исследования.

Процессы исследуемых механических колебаний записывались посредством приспособления, состоящего из системы подвижных зеркал, на оптическую часть осциллографа, одновременно с электрическими процессами, которые передавались обычным порядком на шлейфы.

Исследования колебаний проводились в зависимости от следующих изменяющихся величин:

- напряжения регулирования,
- скорости генератора.

Процессы электрических и механических колебаний, которые записывались при осциллографировании:

- напряжение на контактах,
- ток контактов,
- ток обмотки возбуждения генератора,
- механические колебания якоря регулятора,
- механические колебания пружин, несущих контакты.

Предлагаются следующие показатели, которые характеризуют работу колебательных систем и служат основными факторами при оценке существующих и предлагаемой колебательных систем:

I_d — длительность дуговых процессов в секундах за 1 час работы регулятора,

$I_{яер}$ — средние амплитуды колебаний якоря в мм,

W_m — условная механическая мощность колебаний узла, пружина—якорь регулятора,

A_m — условная механическая работа узла, пружина—якорь за 100 часов работы регулятора.

Для оценки условий работы контактных систем предлагаются следующие определения для характеристики видов разрывов контактов:

Первый вид — характеризуется отсутствием дугового процесса в течение всего времени разрыва контактов.

Второй вид — дуговой процесс имеется в начале расхождения контактов. При дальнейшем расхождении контактов дуговой процесс обрывается.

Третий вид — дуговой процесс имеется в течение всего времени расхождения контактов.

На основе данных исследований механических и электрических колебаний различных колебательных систем регуляторов чапряжения были сделаны следующие выводы:

1. Длительность дуговых процессов контактной системы зависит, при прочих равных условиях, от конструкции колебательной системы регулятора, скорости генератора и величины регулируемого напряжения.

а) Чем выше скорость генератора и меньше относительная замкнутость контактов τ_3 , тем меньше длительность дуговых процессов.

При относительной замкнутости контактов $\tau_3 = 0,6 - 0,8$ и ниже время дуговых процессов $t_d = 0$.

При скорости генератора, соответствующей началу работы регулятора, длительность дуговых процессов t_d за 1 час работы, при номинальном напряжении для исследованных колебательных систем изменяется в пределах $t_d \cong$ от 30 до 500 сек. за 1 час работы регулятора.

б) С уменьшением регулируемого напряжения длительность дуговых процессов резко снижается. При $U_{рег} = U_{ном} - 30\% U_{но}$ дуговых процессов нет при любых рабочих режимах скоростей и нагрузок генератора.

2. Амплитуды механических колебаний якоря изменяются от 0,0005 до 0,1 мм. Выявлена зависимость амплитуд колебаний от конструкции колебательной системы и следующих факторов: величины регулируемого напряжения, характера процессов разрыва контактов и скорости генератора.

а) Амплитуды механических колебаний тем больше, чем выше регулируемое напряжение, если регулирование происходит при полных разрывах контактов. При повышении регулируемого напряжения на 15—20%, когда регулятор переходит на режим регулирования при дуговых процессах, без полных разрывов контактов, амплитуды колебаний снижаются по сравнению с максимальными амплитудами.

б) При полных разрывах контактов, чем выше скорость генератора, тем менее амплитуды колебаний якоря.

Исключение составляет режим минимальной скорости генератора, при котором начинает работать регулятор. В этом случае регулирование происходит на дуговых процессах и амплитуды колебаний якоря менее максимальных.

3. Сравнительные данные различных колебательных систем по материалам исследования механических и электрических колебаний.

Наименование системы	Длительность дуговых процессов за 100 час. работы регуляторов t_d секунд	Максимальные значения условной механической работы узла, плоская пружина-якорь за 100 часов работы регулятора A_m кгр. метр.
1. Регулятор автомобиля ЗИС-150	60	234
2. Регулятор автомобилей ГАЗ 51 и М-20	55	240
3. Регулятор подобный установленному на тракторе С-80	200	46
4. Предлагаемый регулятор по типу модерниз. рован РР-12, с жестким нижним контактом и парой вольфрам-вольфрам.	45	50

Примечание: Данные таблицы относятся к скоростям генератора, соответствующим началу работы регулятора.

Данные снимались с комплектов, работающих при номинальном напряжении.

На основании данных исследований заключаем:

1. Регуляторы с пружинным нижним контактом характеризуются повышенной нагрузкой колебательной системы, а также повышенной длительностью дуговых процессов (55—60 сек за 1 час работы регулятора).

2. Регуляторы с одной пружиной имеют весьма большую длительность дуговых процессов ($t_d \cong 200$ сек. за 1 час работы регулятора, вследствие малой частоты собственных колебаний системы).

3. Регуляторы, с предлагаемой колебательной системой, имеют значительно пониженную длительность дуговых процессов ($t_d \cong 45$ сек. за 1 час работы регулятора, вследствие высокой частоты собственных колебаний системы и мало нагруженную механически колебательную систему, вследствие жесткого нижнего контакта).

РАЗДЕЛ VI.

Влияние угла β между якорем и сердечником реле на стабильность напряжения включения реле обратного тока.

Анализ позволяет установить значения угла β , при которых повышается стабильность напряжения включения реле обратного тока.

С этой целью рассматриваются эпюры усилий и положение точки приложения равнодействующей тяговых усилий, при следующих углах наклона якоря по отношению к сердечнику:

угол $\beta = 90^\circ$; угол $\beta > 90^\circ$ и угол $\beta < 90^\circ$

На основании проведенного анализа находим, что расстояния от оси качания якоря до точки приложения равнодействующей

$$\text{при угле } \beta > 90^\circ \quad z_p' < r_1 + \frac{r_2}{2}$$

$$\text{при угле } \beta < 90^\circ \quad z_p'' > r_1 + \frac{r_2}{2}$$

$$\text{при угле } \beta = 90^\circ \quad z_p''' = r_1 + \frac{r_2}{2}$$

где r_1 — расстояние от оси качания якоря до сердечника,

r_2 — сторона квадрата равновеликого площади сечения сердечника,

т. е. точка приложения равнодействующей тяговых сил электромагнитной системы смещается от оси сердечника в сторону меньших плеч тяговых моментов при угле $\beta > 90^\circ$ и наоборот в сторону больших плеч тяговых моментов при угле $\beta < 90^\circ$.

Проверка влияния угла β на стабильность напряжения включения реле при длительной работе показала, что процент нестабильно работающих приборов в 1,5 раза больше у тех из них, в которых не было соблюдено условие $\beta > 90^\circ$.

Выводы:

Расположение якоря реле по отношению к сердечнику под углом $\beta > 90^\circ$, является наиболее рациональным, поскольку в этом случае при изменениях угла на величину $\Delta\beta$, которые происходят от износа деталей и других причин, тяговые моменты изменяются в области меньших плеч и обуславливают меньшие изменения напряжения включения реле.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.

I.

Анализ основных параметров приборов освещения и аккумуляторных батарей, при работе машин в условиях эксплуатации, позволил установить следующее:

1. Применение тракторных генераторов с нерегулируемым напряжением, при верхнем пределе напряжения питания, согласно Т. У., вызывает понижение срока службы ламп до 2% от нормального.

Применение генераторов с регулируемым напряжением, в тех же условиях работы, обеспечивает минимальный срок службы ламп не ниже 30% от нормального.

2. На машине имеющей аккумуляторную батарею, допустимые пределы изменения напряжения, согласно данным анализа, должны быть весьма узкие $U = U_{\text{ном}} \pm 3\%$ для обеспечения нормального срока службы батарей.

Выбор рабочих диапазонов напряжения источника питания зависит от наличия или отсутствия подогрева батарей теплом от двигателя.

II.

Рассмотрение отдельных элементов схемы источников питания в зависимости от эксплуатационного режима машин и анализ полученных результатов позволяют установить следующее:

1. На машине, работающей значительный процент времени при режимах скоростей двигателя, соответствующих началу работы регулятора, необходимо применение сопротивления, шунтирующего обмотку возбуждения генератора.

2. На машине, работающей при режиме частых переходов от минимальных до средних скоростей двигателя, следует применять в схеме регулятора дополнительное сопротивление, включенное в обмотку возбуждения генератора.

III.

Исходя из анализа соотношений тяговых усилий электромагнитной системы и усилий пружин при изменении зазоров, предлагается разделить существующие колебательные системы регуляторов, согласно выведенным соотношениям, на две группы:

а) Первая группа — с постоянной составляющей тяговых усилий пружин, не зависящей от изменения рабочего зазора, обеспечивает в регуляторе форму характеристики изменений напряжения, в зависимости от изменения зазора, близкую к прямой наклонной к оси зазоров. В этой системе легко достигаются достаточно высокая собственная частота колебаний и хорошие условия работы контактов.

б) Вторая группа — в которой все составляющие тяговых усилий пружин зависят от изменения рабочего зазора, обеспечивает в регуляторе улучшенную по сравнению с первой группой форму характеристики изменения напряжения, в зависимости от изменения зазора в виде кривой, обращенной выпуклостью к оси зазоров. Однако, в такой системе конструктивно сложнее обеспечить достаточно высокую собственную частоту колебаний и получить хорошие условия работы контактов, в особенности при напряжении 12 вольт.

IV.

Исследования механических и электрических колебаний регулятора позволили сделать следующие выводы:

1. Основными показателями, характеризующими колебательную систему, являются:

а) характер процессов разрыва контактов, в зависимости от режима работы комплекта питания, в соответствии с предложенной классификацией видов разрывов;

б) продолжительность дуговых процессов в секундах за 1 час работы регулятора;

в) условная механическая работа узла, пружина—якорь за 100 часов работы регулятора.

2. При выборе номинального напряжения питания электрооборудования машин следует учитывать, что длительность дуговых процессов тем больше, чем выше напряжение регулирования.

Контактная система регулятора работает более надежно при номинальном напряжении 6 вольт по сравнению с номинальным напряжением 12 вольт.

3. Система с пружинным нижним контактом механически более нагружена по сравнению с системой, имеющей жесткий нижний контакт.

Системы с пружинным нижним контактом создают худшие условия разрыва контактов и большую длительность дуговых процессов за 1 час работы регулятора, при всех режимах работы комплекта по сравнению с системами, имеющими жесткий нижний контакт.

V.

Анализом соотношений тяговых усилий и соотношений плеч тяговых моментов электромагнитной системы реле обратного тока показано, что более рационально выбирать угол между якорем и сердечником $\beta > 90^\circ$, чем $\beta = 90^\circ$ и $\beta < 90^\circ$.

VI.

Данные исследования позволили теоретически обосновать предложения о внесении в конструкцию регуляторов напряжения изменений, осуществленных затем заводами: ГАЗ, АТЭ-1 и КАТЕК при модернизации регуляторов напряжения машин М-20, ГАЗ-51 и ЗИС-150. Модернизированные регуляторы внедрены в серийное производство и обеспечивают повышение в два—три раза сроков службы по сравнению с регуляторами прежних выпусков.

VII.

Анализ показал, что применение источников питания электроэнергией с широкими пределами изменения напряжения (генераторы с нерегулируемым напряжением) обуславливает резкое понижение сроков службы ламп и аккумуляторных батарей. Учитывая данные настоящего исследования и результаты, достигнутые при модернизации комплектов питания в серийных выпусках, следует рекомендовать заменить на тракторах, самоходных комбайнах, самоходных сенокосилках источники питания с нерегулируемым напряжением источниками питания с регулируемым напряжением.

Л 52782 23,III—1951 г. Объем 1 печ. лист. Заказ 317. Тираж 100 экз.

Типография ВСХИЗО, Москва 8, Тимирязевский проезд, д. 46.