

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 25.05.2022 13:21:13  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)

Кафедра технологии материалов и транспорта



## СОВРЕМЕННАЯ АВТОМОБИЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Современная автомобильная электроника» для студентов направлений подготовки 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

Курск 2021



## Введение

Система электроснабжения на автомобиле призвана обеспечить надежную работу всех потребителей, входящих в его систему электрооборудования, и зарядку аккумуляторной батареи при работающем двигателе.

В качестве источника электроэнергии постоянного тока, на современных автомобилях, используются вентильные генераторы, номинальная мощность которых определяется, как произведение наибольшего значения силы отдаваемого им тока на номинальное напряжения.

Научить студентов выбрать генератор по различным критериям, определить максимальный ток отдачи генератора, ток генератора при холостых оборотах двигателя автомобиля; проверить баланс энергии с выбранным генератором при известных электропотребителях и аккумуляторной батарее в различных режимах – основная цель данной курсовой работы.

Работа предусматривает выполнение 4-х отдельных этапов. Для заданной преподавателем марки автомобиля:

1 Привести принципиальную схему электрооборудования с указанием номинальных параметров всех электропотребителей.

2 Произвести расчет баланса электроэнергии.

3 Произвести выбор генератора по токоскоростной характеристике

4 Произвести замену генератора по отечественной методике и по методике фирмы «Bosch».

В зависимости от программы и формы обучения работа может быть выполнена как в полном объеме, так и в виде отдельно выполненных этапов по усмотрению преподавателя, при обязательном выполнении этапа 1.

Задание на курсовую или расчетно-графическую работу студентам дневной формы обучения выдается на 7-й – 8-й учебной неделе. Прием и защита работы – на 15-й – 16-й неделе.

Задание на курсовой проект (работу) студентам заочного факультета выдается на установочной сессии.

Оформление работы – в соответствии с СТУ.

## Этап 1 Принципиальная схема электрооборудования

Принципиальная схема электрооборудования выбранного автомобиля должна отображать связи всех электропотребителей в виде, предусмотренном существующими нормативами. При необходимости схема может быть представлена отдельными фрагментами, например:

- система зажигания;
- система электростартерного пуска;
- система освещения, световой и звуковой сигнализации;
- и т.п.

Все элементы схемы (электропотребители) вносятся в таблицу (табл. 1.1), данные которой необходимы для выполнения последующих этапов работы.

Для выполнения курсовой работы (проекта) необходимо из технической документации на выбранный автомобиль определить и привести в пояснительной записке передаточное отношение привода генератора ( $i_G$ ), передаточное отношение КПП ( $i_{кп}$ ), передаточное отношение главной передачи ( $i_{зм}$ ) и статический радиус ведущих колес в мм ( $R_k$ ).

Таблица 1.1

№ п/п	Потребители электроэнергии	Кол-во шт	Мощн 1 шт, Вт	Суммар мощн, Вт	Ток 1 шт, А	Суммар ток, А
1.	Фары (дальний свет)	2	40	80		
2.	Освещение номера	2	5	10		
...	.....					
...	.....					
Итого				xxxx		xxxx

В заключение выполнения этапа 1 необходимо отметить особенности электрооборудования выбранного автомобиля (наличие АБС, электромеханических элементов подвески, кондиционера и т.п.).

## Этап 2 Расчет баланса электроэнергии.

### 2.1 Основные задачи этапа.

2.1.1 Осуществить предварительный выбор генератора.

2.1.2 Произвести расчет баланса электроэнергии на выбранном автомобиле.

2.1.3 Оценить возможность использования выбранного генератора по балансу электроэнергии, достаточности максимального тока отдачи генератора, тока генератора при холостых оборотах двигателя автомобиля и разряду аккумуляторной батареи при ночной эксплуатации.

## 2.2 Методические указания к выполнению этапа 2

2.2.1 Расчет баланса электроэнергии выполняется в предположении, что генератор отдает полную мощность, а состояние аккумуляторной батареи (ее степень заряженности, температура) и величина регулируемого напряжения таковы, что батарея полностью принимает ток заряда.

Типовые режимы работы автомобиля, для которых определяется расчетная нагрузка (при отсутствии кондиционера):

- режим движения ночью, зимой, по трассе;
- то же, днем, зимой;
- режим движения ночью, зимой, по городу;
- то же, днем, зимой;

Для автомобилей, оборудованных кондиционерами (потребляющими электроэнергию), указанные режимы проверяются дополнительно для движения летом с работающим кондиционером, и в расчетах принимаются значения расчетной нагрузки, большие из рассмотренных режимов.

2.2.2. Расчетная нагрузка  $I_H$  от потребителей, включенных при движении и на коротких остановках с работающим двигателем, определяется суммированием эквивалентных токов потребителей по выражению.

$$I_H = \sum I_{эkv} = \sum I_{номp} \cdot K_t$$

где  $I_{эkv}$  - эквивалентный ток потребителя, А;

$I_{номp}$  - ток потребителя, А;

$K_t$  - коэффициент времени работы потребителей по отношению ко времени работы двигателя.

2.2.3. Ток потребителей определяется при напряжении сети 13,5 В или, соответственно, 27 В.

2.2.4. Относительные коэффициенты времени работы потребителей  $K_t$  приведены в таблице 2.1. Потребители кратковременного действия при расчете нагрузки не учитываются (стеклоподъемники, выдвижение антенны и т.д.).

Таблица 2.1 Коэффициенты времени работы различных электропотребителей автомобилей.

№ п/п	Потребители	Относительный коэффициент времени работы Kt							
		Город				Трасса			
		Зима		Лето		Зима		Лето	
		день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Передние фары, освещение номерного знака, габаритные огни	0	1,0	0	1,0	0	1,0	0	1,0
2	Противотуманные фары и задние фонари	0,25	0,25	0,25	0,25	0,4	0,4	0,4	0,4
3	Освещение приборов	0	1,0	0	1,0	0	1,0	0	1,0
4	Сигналы торможения + АБС	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
5	Система зажигания	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6	Сигналы поворота	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
7	Системы топливоподачи и впрыска топлива	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
8	Стеклоочистители передние задние	0,2 0,1	0,2 0,1	0,2 0,1	0,2 0,1	0,2 0,1	0,2 0,1	0,2 0,1	0,2 0,1
9	Вентиляция салона (кабины)	0	0	1,0	0,5	0	0	0	0
10	Охлаждение двигателя (электровентилятор)	0,1	0	0,3	0,2	0	0	0,1	0,1
11	Автоматическая трансмиссия	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05
12	Электродвигатель отопителя	1,0	1,0	0	0	1,0	1,0	0	0
13	Кондиционер	0	0	1,0	0,3	0	0	1,0	0,3
14	Обогрев стекол	1,0	1,0	0	0	1,0	1,0	0	0
15	Управление подвеской	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
16	Теле-радиоаппаратура	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7

2.2.5. Потребление энергии стартером, пусковым подогревателем и другими потребителями, включаемыми только на стоянке с неработающим двигателем, учитываются отдельно (см. п.п.2.5.6; 2.5.7.)

2.2.6. Результаты расчета по п. 2.2.2. для каждого режима сводятся в таблицу 2.2.1.

Таблица 2.2.1 Результаты расчета нагрузки.

NN n/n	Потребители эл. энергии	$I_{номтр}$	$K_t$				$I_{экв}$			
			Зимой по трассе		Зимой по городу		Зимой по трассе		Зимой по городу	
			ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день
1										
2										
3										
...										
...										
Расчетная нагрузка $\sum I_{экв} = I_H$										

### 2.3 Предварительный выбор генератора.

2.3.1 Максимальный требуемый ток генератора определяется выражением:

$$I_{Г\max} = 1,15 \cdot I_H \quad - \text{ для легковых автомобилей}$$

$$I_{Г\max} = 1,25 \cdot I_H \quad - \text{ для грузовых автомобилей}$$

Здесь  $I_H$  выбирают равным максимальному значению по п. 2.2.2.

2.3.2 Требуемая мощность генератора  $P_G$  определяется выражением:

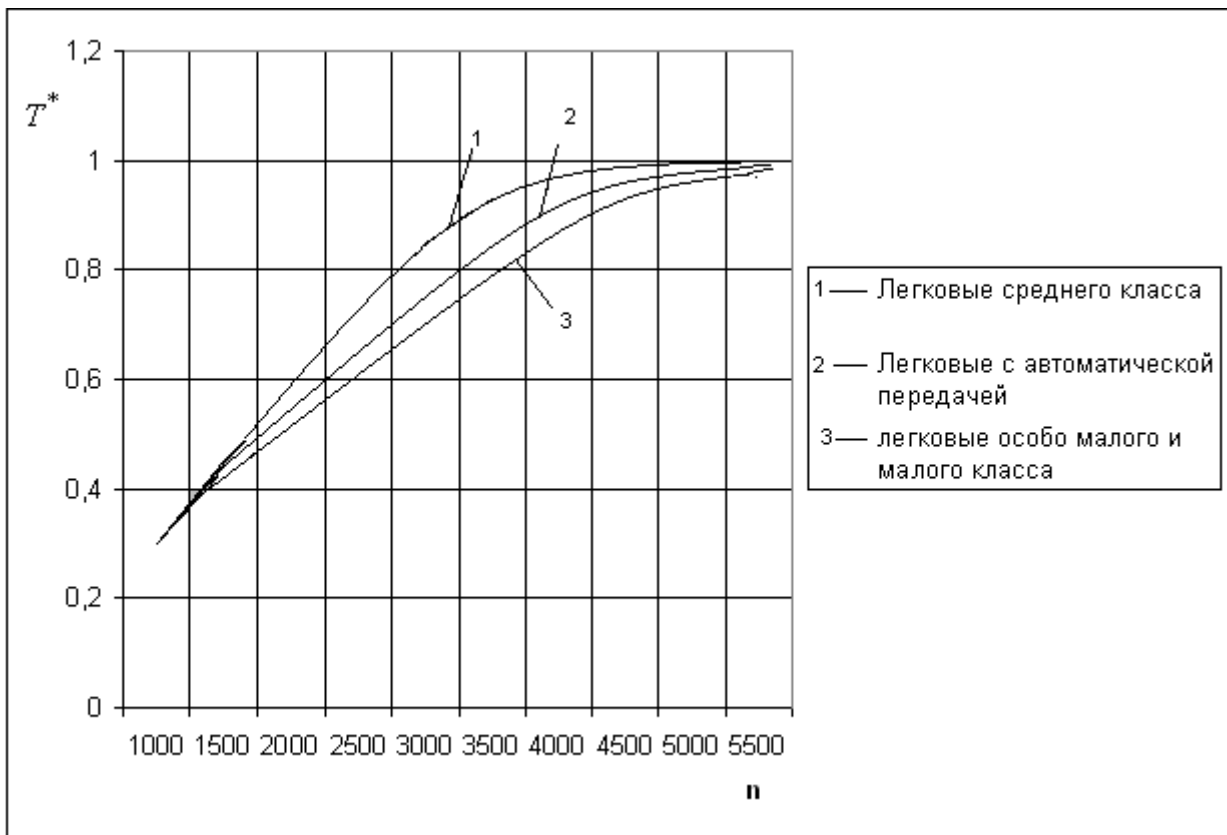
$$P_G = U_H \cdot I_{Г\max}$$

где  $U_H = 14$  В (или, соответственно, 28)

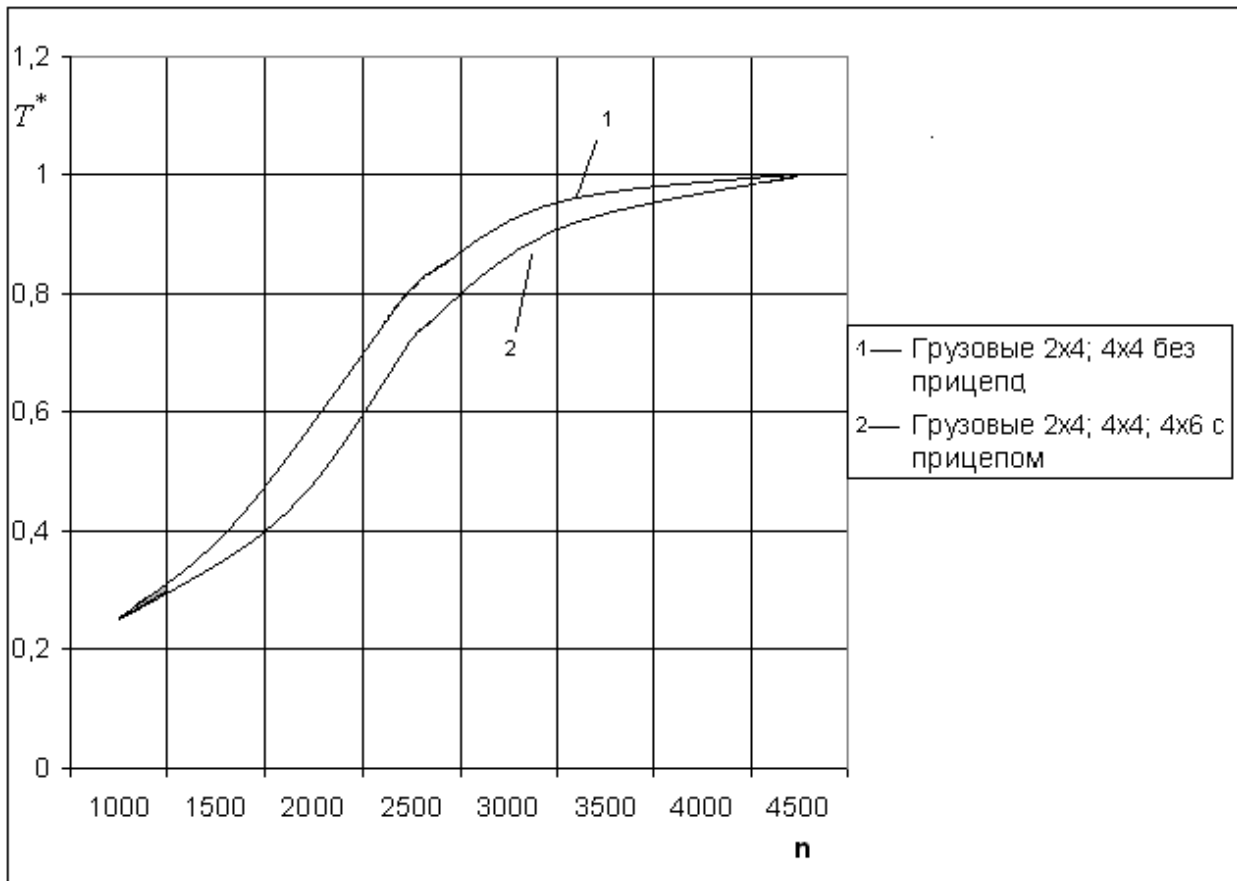
2.3.3 На основании полученного значения требуемой мощности  $P_G$  и максимального тока  $I_{Г\max}$  предварительно выбирается конкретный тип генератора и передаточное отношение его привода

### 2.4 Кривая скоростного режима для генератора выбранного автомобиля.

На рис.2.4.1. приведены типовые кривые скоростного режима генератора для  $K_G = 60$  при движении автомобиля по городу.



а)



б)

Рис 2.4.1 Типовые кривые скоростного режима генератора для  $K_T = 60$  при движении автомобиля по городу.

Здесь:

$n$  — частота вращения генератора, мин<sup>-1</sup>;



$T^*$  - относительное время работы с соответствующей частотой вращения.

2.4.1. По рис.2.4.1. выбирается кривая, соответствующая классу автомобиля. Выбранная кривая, принимается за расчетную (приведенную к  $K_G = 60$ ).

2.4.2. Для выбранного автомобиля подсчитывается коэффициент оборотности генератора по выражению:

$$K_G = 2660 \cdot \frac{i_G \cdot i_{КП} \cdot i_{ЗМ}}{R_K}$$

здесь  $i_G$  - передаточное отношение привода генератора;

$i_{КП}$  - передаточное отношение коробки переключения;

$i_{ЗМ}$  - передаточное отношение главной передачи (заднего моста);

$R_K$  - статический радиус ведущих колес в мм.

2.4.3. Пересчитывается выбранная расчетная кривая скоростного режима (п.2.4.1.) на фактический коэффициент оборотности генератора по выражению:

$$n_\phi = n \cdot \frac{K_G}{60}$$

здесь  $n$  - абсцисса кривой, соответствующей  $K_G = 60$ ;

$n_\phi$  - пересчитанная абсцисса, соответствующая фактическому значению  $K_G$ .

При пересчете абсцисса начальной части кривой определяется по выражению:

$$n_x = n_{дв.х} \cdot i_G$$

При этом частота вращения двигателя на холостом ходу  $n_{дв.х}$  принимается по заводским данным, но не ниже следующих значений:

для легковых автомобилей особо малого и малого класса;-----800 мин<sup>-1</sup>;  
 для легковых автомобилей среднего класса;-----700 мин<sup>-1</sup>;  
 для легковых автомобилей с дизельным двигателем -----600 мин<sup>-1</sup>;  
 для легковых автомобилей с гидроавтоматической передачей -----500 мин<sup>-1</sup>;  
 для грузовых автомобилей с 4-цилиндровым карбюраторным двигателем-700 мин<sup>-1</sup>;  
 для грузовых автомобилей с 6- и 8-цилиндровым двигателем-----500 мин<sup>-1</sup>;  
 для грузовых автомобилей с дизельным двигателем-----600 мин<sup>-1</sup>;

Пересчитанная в соответствии с п.2.4.3. кривая принимается в качестве расчетной кривой скоростного режима, соответствующей генератору выбранного автомобиля.

Результаты расчета сводятся в таблицу, в соответствии со значениями которой строится окончательная кривая.

$n_{факт}$	$n_1$	$n_2$	$n_{n-1}$	$n_n$
$T^*$				

## 2.5. Поверочный расчет баланса электроэнергии.

Поверочный расчет баланса электроэнергии производится для режимов движения в городе зимой ночью и днем, а для автомобилей, оснащенных кондиционером, и для летнего режима эксплуатации.

Токоскоростная характеристика (ТСХ) генератора определяется по сведениям, имеющимся в заводской документации, или, в учебных целях, по универсальным кривым, приведенным в приложении на рис. П1 и П2.

Порядок расчета следующий:

### 2.5.1. Определяется часовая отдача генератора $q_G$ .

а) По окончательной расчетной кривой скоростного режима, полученной в п. 2.4.3. для каждого интервала скоростей  $\Delta n_1, \Delta n_2 \dots \Delta n_n$  шириной по 250 об/мин определяется соответствующее относительное время работы генератора в каждом интервале  $\Delta n_1, \Delta n_2 \dots \Delta n_n$ . Время выражается в долях часа работы ДВС (см. рис.2.5.1.).

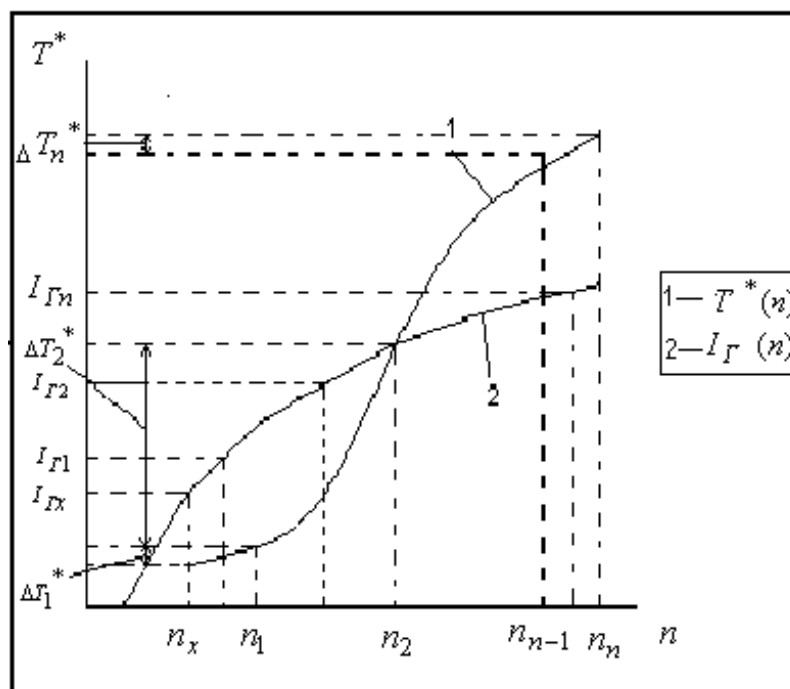


рис.2.5.1

Результаты расчета заносятся в таблицу 2.5.1. Пункту а) соответствует вторая графа таблицы.

б) Определяется часовая отдача генератора  $I_G \cdot \Delta T^*$ , А·ч для каждого интервала оборотов путем перемножения тока генератора (графа 3 табл.2.5.1.) и относительного времени. Результаты заносим в графу 4 табл. 2.5.1. Величины  $I_G$  для каждого интервала получаем из токоскоростной характеристики генератора (п.2.5.) при среднем значении скорости на каждом интервале (рис.2.5.1.).

в) Суммированием данных графы 4 табл. 2.5.1. определяется часовая отдача генератора:

$$q_{\Gamma} = \sum I_{\Gamma} \cdot \Delta T^* [A \cdot \text{ч} / \text{ч}]$$

т.е максимальное число  $A \cdot \text{ч}$ , которое может отдать генератор при работе на своей токоскоростной характеристике в заданном скоростном режиме в течение часа.

Таблица 2.5.1.

п, об/мин	$\Delta T^*$	$I_{\Gamma}, A$	$I_{\Gamma} \cdot \Delta T^*$	$q_{\Gamma} =$ $\sum I_{\Gamma} \cdot \Delta T^*$ $A \cdot \text{час} / \text{час}$	$q_{бн} =$ $q_{\Gamma} - I_{нн}$ $A \cdot \text{час} / \text{час}$	$q_{бд} =$ $q_{\Gamma} - I_{нд}$ $A \cdot \text{час} / \text{час}$	$\Delta Q_{\delta} \% =$ $\frac{q_{бн}}{Q_{н}} \cdot 100\%$
1	2	3	4	5	6	7	8
1000							
1000 - 1500							
1500 - 1750							
1750 - 2000							
2000 - 2250							
2250 - 2500							
2500 - 3000							
3000 - 5000							

2.5.2. Определяется расчетный ток нагрузки потребителей для дневного  $I_{нд}$  и ночного режима  $I_{нн}$ . Результаты заносятся в таблицу 2.5.2.

Таблица 2.5.2.

№ п/п	Параметр	Город	Трасса
1	Мощность постоянных потребителей ( $K_t = 1$ ) $P_{пост}, \text{Вт}$		
2	Ток постоянно включаемых потребителей ночью $I_{пост} = P_{пост} / U_{н}, A$		
3	Мощность временно включаемых потребителей ( $K_t = 1$ ) $P_{вр}, \text{Вт}$		
4	Ток временно включаемых потребителей $I_{вр} = P_{вр} / U_{н}, A$		
5	Ток постоянно включаемых потребителей днем $I_{пост.д}, A$		
6	Мощность постоянно включаемых потребителей днем		

	$P_{пост.д}, \text{ Вт}$		
7	Расчетная нагрузка ночью $I_{нн} = I_{пост.н} + I_{вр}, \text{ А}$		
8	Расчетная нагрузка днем $I_{нд} = I_{пост.д} + I_{вр}, \text{ А}$		

2.5.3. Вычитая из часовой отдачи генератора  $q_{Г}$  расчетный ток нагрузки потребителя для дневного  $I_{нд}$  и, соответственно, ночного режима  $I_{нн}$ , получается часовой заряд (+) или разряд (-) батареи в дневном и ночном режимах:

$$q_{бд} = q_{Г} - I_{нд} ; q_{бн} = q_{Г} - I_{нн}.$$

2.5.4. Подсчитывается суточный баланс электроэнергии по выражению:

$$Q_{сут} = q_{бд} \cdot t_{д} + q_{бн} \cdot t_{н} - Q_{ст} - Q_0 \text{ (А} \cdot \text{ч)},$$

где

$q_{бд}, q_{бн}$  - число ампер-часов, полученное (+) и отданное (-) батареей за один час дневной или, соответственно, ночной эксплуатации;

$t_{д}, t_{н}$  - число часов движения за сутки при дневной и, соответственно, ночной эксплуатации;

$Q_{ст}$  - расход емкости батареи на пуски двигателя за сутки;

$Q_0$  - расход емкости батареи на питание потребителей, используемых во время стоянок с неработающим двигателем, включая пусковой подогреватель.

2.5.5. Число часов движения за сутки днем  $t_{д}$  и ночью  $t_{н}$  выбирается в соответствии с режимом эксплуатации автомобиля. При отсутствии таких данных принимается:

зимой  $t_{д} = t_{н} = 5$  часов;

летом  $t_{д} = 8$  часов;  $t_{н} = 2$  часа.

2.5.6. Суточный расход емкости батареи на пуски двигателя стартером  $Q_{ст}$  принимается равным:

для автомобилей с карбюраторным двигателем  $0,03 Q_{н}$ ;

для автомобилей с дизельным двигателем  $0,1 Q_{н}$ ,

где  $Q_{н}$  - номинальная емкость батареи.

При расчете суточного баланса летом (у автомобилей с кондиционером) расход на пуски стартером принимается равным 50% от указанных значений.

## 2.6. Оценка баланса электроэнергии по результатам расчета.

Соответствие полученного расчетом баланса электроэнергии предъявляемым требованиям оценивается по следующим показателям:

2.6.1. Суточный баланс электроэнергии, оцениваемый величиной  $Q_{сут}$ , т.е. количество ампер-часов, полученных или отданных батареей за сутки при эксплуатации в городе, в заданном числе часов работы днем и ночью  $t_{д}$  и  $t_{н}$ .

Суточный баланс должен быть положительным.

2.6.2. Часовой заряд или разряд батареи при эксплуатации в городе, ночью, зимой  $q_{бн}$  (без учета расхода емкости на пуски), выраженный в процентах номинальной емкости батареи:

$$Q_{б\%} = \frac{q_{бн}}{Q_n} \cdot 100$$

Часовой разряд батареи не должен быть более:

для одиночных грузовых автомобилей с дизельным ДВС ----- 0 %;  
для грузовых автомобилей с дизельным ДВС и прицепом -----2 %;  
для одиночных грузовых автомобилей с карбюраторным ДВС -----1 %;  
для одиночных грузовых автомобилей с карбюраторным ДВС и прицепом-----3 %;  
для легковых автомобилей с дизельным ДВС -----0 %;  
для легковых автомобилей среднего и высокого класса с карбюраторным ДВС--2 %;  
для остальных легковых автомобилей -----3 %;

2.6.3. Ток отдачи генератора при работе на холостом ходу двигателя  $I_{ГХ}(n_x)$ .

Генераторная установка должна обеспечивать на холостом ходу двигателя питание следующих электропотребителей:

На легковых автомобилях особо малого и малого класса, грузовых автомобилях с бензиновым ДВС	Зажигание, приборы, габаритные фонари, освещение номерного знака, отопитель (половина мощности, указанной в таблице)
На легковых автомобилях среднего класса	Зажигание, приборы, габаритные фонари, освещение номерного знака, отопитель (половина мощности), половина мощности электрообогреваемого стекла

Токи потребителей складываются без учета времени их работы на автомобиле.

Суммарный ток должен быть больше или равен  $I_{ГХ}$  (рис.2.5.1.).

Если проверка по перечисленным показателям дает неудовлетворительный результат и указывает на недостаточный заряд батареи, необходимо для улучшения баланса электроэнергии либо повысить передаточное отношение привода генератора, либо применить другой тип генератора с меньшим значением начальной скорости вращения или большей мощностью.

### Этап 3 Выбор генератора по токоскоростной характеристике.

#### 3.1. Основные задачи этапа:

3.1.1. Рассчитать исходную токоскоростную характеристику генератора.

3.1.2. Выбрать генератор для автомобилей из числа серийно выпускаемых.

#### 3.2. Методические указания к выполнению этапа 3.

3.2.1. Особенностью генераторов в автомобильных и автотракторных системах электроснабжения является то, что в отличие от большинства общепромышленных генераторов, они работают не только с переменной нагрузкой, но и при переменной частоте вращения. Поэтому выбор таких генераторов производится по токоскоростной характеристике, связывающей эти параметры.

Исходная токоскоростная характеристика выбирается исходя из требований баланса электроэнергии для конкретного автомобиля.

Для этого необходимо учесть перечень всех потребителей автомобиля, его скоростной режим при работе на шоссе и в городе и передаточное отношение от генератора к двигателю.

Порядок выполнения этапа следующий:

3.2.2. Определяется ток нагрузки в режиме ночь-трасса-зима по методике, изложенной в п. 2.2.2.  $I_{ННТ}$ .

3.2.3. Определяется по этой же методике ток нагрузки в режиме ночь-город-зима  $I_{ННГ}$ .

3.2.4. Определяется ток потребителей, требующих питания при частоте холостого хода двигателя автомобиля  $I_{ГХ}$  по п. 2.6.3.

3.2.5. Определяется расход емкости батареи при пуске  $Q_H$  и при питании потребителей, работающих на стоянках с неработающим двигателем  $Q_0$ .

$Q_{СТ} = 0.03 \cdot Q_H$  - для карбюраторных двигателей

$Q_{СТ} = 0.1 \cdot Q_H$  - для дизелей

где  $Q_H$  - номинальная емкость аккумуляторной батареи (А·час)

$$q_0 = \sum_{i=1}^n I_{n_{0i}} \cdot t_i,$$

где  $I_{n_{0i}}$  - ток, потребляемый  $i$ -ым стояночным потребителем;

$t_i$  - время работы  $i$ -го потребителя на стоянке.

3.2.6. По п.2.4.2 определяется коэффициент оборотности генератора.

3.2.7. Определяется частота вращения генератора, соответствующая холостому ходу ДВС  $n_{\min} = n_x$  (п. 2.4.3).

3.2.8. Перечитывается скоростной режим генератора, для езды по городу на фактический коэффициент оборотности по п. 2.4.3. При этом начальная точка токоскоростной характеристики принимается равной  $n_{\min}$ .

3.2.9. Строится кривая скоростного режима для езды по городу (рис. 3.1.)

Эта кривая аппроксимируется прямой линией проходящей через точку с координатами  $n_{\Gamma} = n_{\min}$ ,  $T^* = T^*_{\min}$ .

Фиксируются значения  $n'_{\min}$  и  $n'_{\max}$ , соответствующие точкам аппроксимирующей прямой с координатами  $T^* = 0$ ,  $T^* = 1$ .

3.2.10. Определяется максимальный требуемый ток генератора  $I_{\Gamma_{\max}}$  для режима езды по шоссе

- для легковых автомобилей  $I_{\Gamma_{\max}} = 1,15 \cdot I_{нш}$ ;

- для грузовых автомобилей  $I_{\Gamma_{\max}} = 1,25 \cdot I_{нш}$

3.2.11. Определяется связь между максимальным током генератора  $I_{\Gamma_{\max}}$  и начальной частотой его отдачи  $n_x$ . Используется аппроксимированная прямой линией кривая скоростного режима для города.

Для установления связи между  $n_x$  и  $I_{\Gamma_{\max}}$  используется также аппроксимированная экспонентой кривая токо-скоростной характеристики (ТСХ)

$$I_{\Gamma} = I_{\Gamma_{\max}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{n-n_x}{N'}}\right)$$

где  $N' = (0,8 - 1,2)n_x$

Далее выбирается ТСХ, значения которой ( $n_x$  и  $I_{\Gamma}$ ) обеспечили бы зарядный баланс или часовой разряд АБ при работе автомобиля в городе, ночью, соответствующие допустимому пределу.

Часовой разряд АБ ночью в городе не должен быть больше указанного в п. 2.6.1.

$$q_{\delta n} = \frac{Q_{\delta} \%}{100} \cdot Q_n$$

где  $Q_{\delta} \%$  - максимально допустимый часовой разряд АБ в режиме работы в городе, зимой ночью.

Средний ток генератора, определенный в процессе балансовых расчетов, называется часовой отдачей.

Согласно теории математической статистики для нахождения среднего значения величины (ее математического ожидания) следует взять интеграл:

$$I_{cp} = \int_{-\infty}^{+\infty} dF(x) \cdot i(x),$$

где  $dF(x)$  - дифференциал от интегральной кривой распределения случайных величин;

$i(x)$  - сама случайная величина.

В нашем случае роль независимой переменной  $x$  играет частота вращения  $n$ . При этом часовая отдача и средний ток генератора определяют по выражению:

$$q_{\Gamma} = I_{\Gamma \text{ср}} = \int_{n_{\text{низш}}}^{n_{\text{высш}}} dF(n) \cdot I_{\Gamma}(n)$$

Для решения конкретной задачи берутся реальные значения  $n_{\text{низш}}$  и  $n_{\text{высш}}$ .  
Умножим и разделим подинтегральное выражение на  $dn$ :

$$q_{\Gamma} = I_{\Gamma \text{ср}} = \int_{n_{\text{низш}}}^{n_{\text{высш}}} \frac{dF(n)}{dn} \cdot I_{\Gamma}(n) dn.$$

При замене интегральной кривой скоростного режима на прямую, производная определится, как:

$$\frac{dF(n)}{dn} = \frac{1-0}{n'_{\text{max}} - n'_{\text{min}}}$$

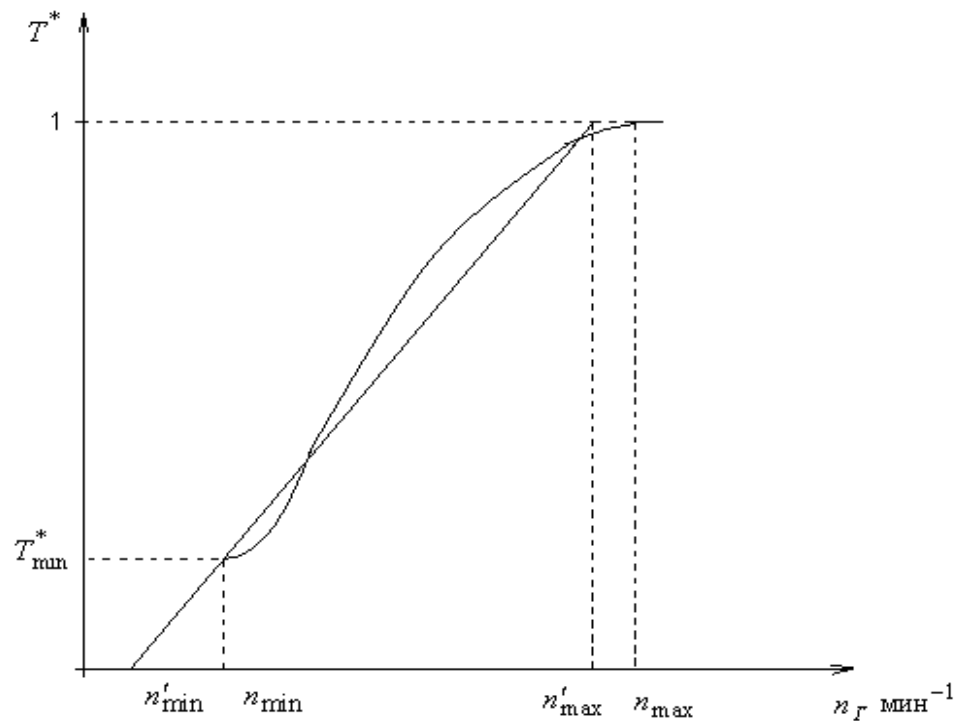


рис.3.1.



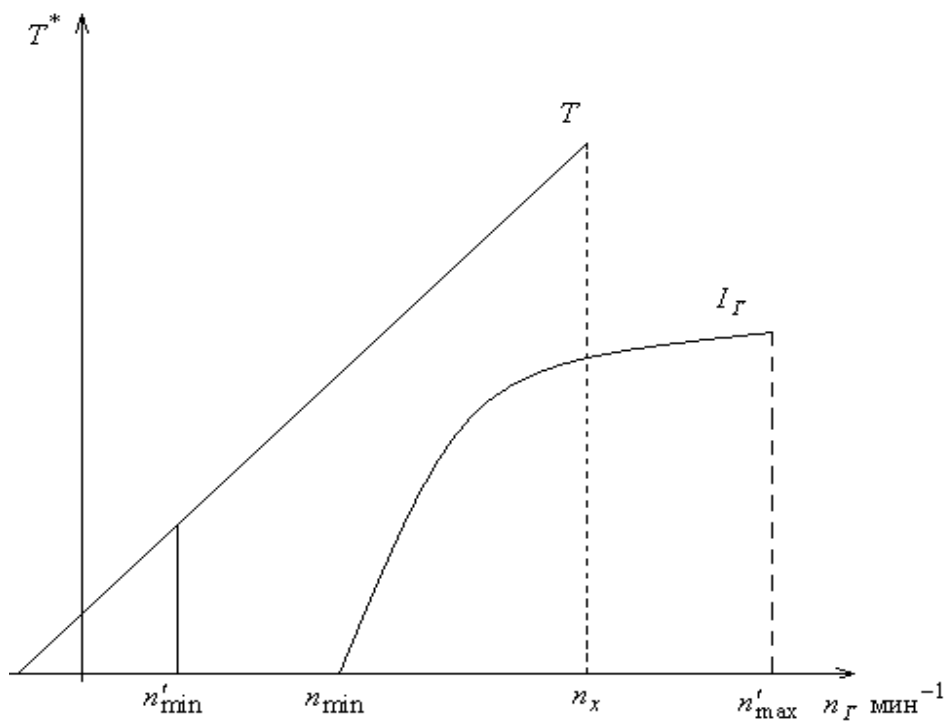


рис.3.2.

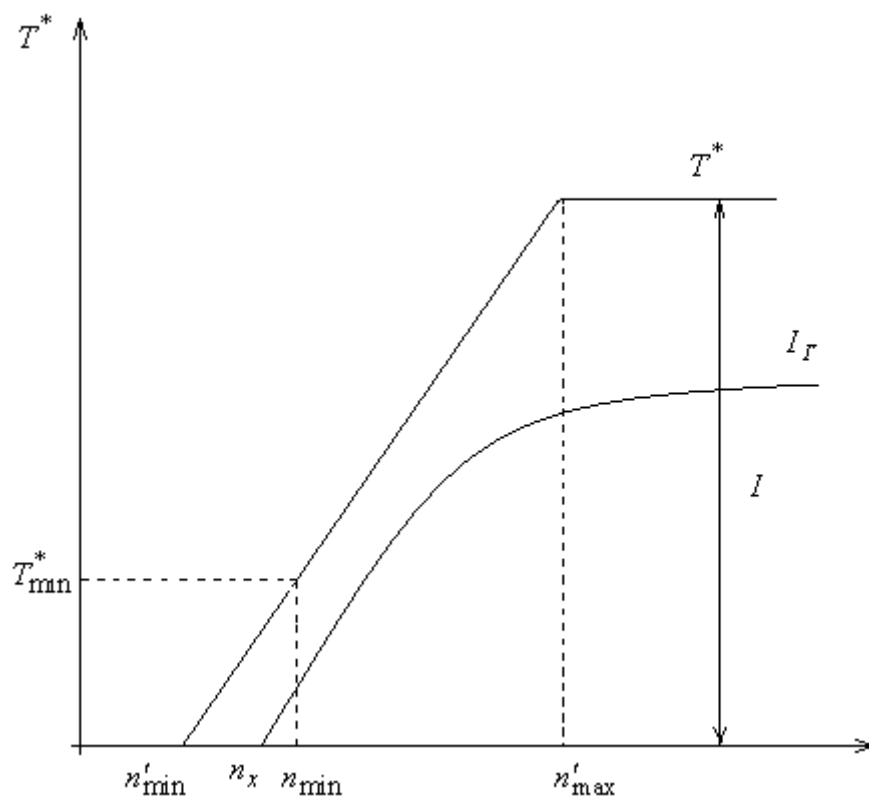


рис.3.3.

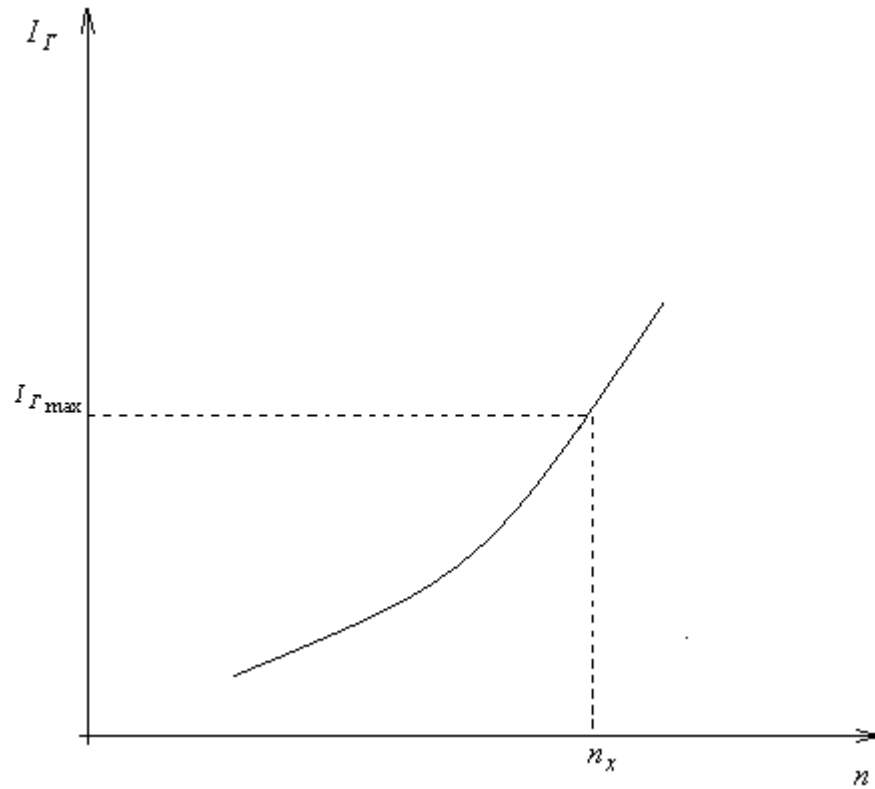


рис.3.4.

При экспоненциальной аппроксимации ТСХ:

$$I_{\Gamma}(n) = I_{\Gamma \max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{n-n_x}{N'}}\right)$$

$$q_{\Gamma} = \int_{n_{\text{низи}}}^{n_{\text{выси}}} \frac{1}{n'_{\max} - n'_{\min}} \cdot I_{\Gamma \max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{n-n_x}{N'}}\right) dn = \frac{I_{\Gamma \max}}{n'_{\max} - n'_{\min}} \left( n + N' e^{-\frac{n-n_x}{N'}} \right) \Big|_{n_{\text{низи}}}^{n_{\text{выси}}}$$

При этом возможны два варианта:

1)  $n_{\min} < n_x$  (рис3.2)

в этом случае пределы интегрирования:

$$n_{\text{низи}} = n_x; \quad n_{\text{выси}} = n'_{\max}$$

$$q_{\Gamma} = \frac{I_{\Gamma \max}}{n'_{\max} - n'_{\min}} \left[ n'_{\max} - n_x + N' \left( e^{-\frac{n'_{\max} - n_x}{N'}} - 1 \right) \right]$$

2)  $n_x < n_{\min}$  (рис 3.3)

в этом случае меньший предел интегрирования  $n_{\min}$

Но при  $n_{\min}$  генератор работает определенное время, отдавая при этом ток:

$$I_{\Gamma \min} = I_{\Gamma \max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{n_{\min} - n_x}{N'}}\right)$$

Поэтому в формулу определения  $q_{\Gamma}$  следует ввести поправочный коэффициент:

$$q_{\text{нопр}} = T_{\min} \cdot I_{\Gamma \max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{n_{\min} - n_x}{N'}}\right)$$

$$\text{где } T_{\min} = \frac{n_{\min} - n'_{\min}}{n'_{\max} - n'_{\min}}$$

В этом случае

$$q_{\Gamma} = \frac{I_{\Gamma \max}}{n'_{\max} - n'_{\min}} \left[ n'_{\max} - n_{\min} + N' \left( e^{-\frac{n'_{\max} - n_x}{N'}} - e^{-\frac{n_{\min} - n_x}{N'}} \right) + \right. \\ \left. + \frac{n_{\min} - n'_{\min}}{n'_{\max} - n'_{\min}} \cdot I_{\Gamma \max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{n_{\min} - n_x}{N'}}\right) \right]$$

Связь между максимальным током генератора  $I_{\Gamma \max}$  и начальной частотой вращения холостого хода  $n_x$  устанавливается из условия

$$q_{\Gamma} = I_{\text{нГ}} - \Delta q$$

Тогда для  $n_{\min} < n_x$

$$I_{\Gamma \max} = \frac{(I_{\text{нГ}} - \Delta q)(n'_{\max} - n'_{\min})}{n'_{\max} - n_x + N' \left( e^{-\frac{n_{\min} - n_x}{N'}} - 1 \right)}$$

Для  $n_{\min} > n_x$

$$I_{\Gamma \max} = \frac{(I_{\text{нГ}} - \Delta q)(n'_{\max} - n'_{\min})}{n'_{\max} - n_{\min} + N' \left( e^{-\frac{n'_{\max} - n_x}{N'}} - e^{-\frac{n_{\min} - n_x}{N'}} \right) - (n_{\min} - n'_{\min}) e^{-\frac{n_{\min} - n_x}{N'}}$$

Задаваясь величинами  $n_x$  можно по этим формулам построить зависимость

$$I_{\Gamma \max} = f(n_x) - \text{(рис.3.4)}$$

3.2.12. Определяется начальная частота вращения при холостом ходе генератора, соответствующая максимальному току, определенному по п.3.2.10, по кривой рис.3.4.

3.2.13 При  $n_{\min} > n_x$  определяется ток генератора при частоте холостого хода двигателя

$$I_{Гх} = I_{Г\max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{n_{\min} - n_x}{N'}}\right)$$

Если  $I_{Гх} < I_{нх}$  (по п.3.2.4.), то следует пересмотреть передаточное отношение привода  $i_{Г}$  или изменить параметры генератора  $n_x$  и  $I_{Г\max}$  для чего необходимо повторить расчет по п.3.2.11 для большей величины часовой отдачи генератора  $q_{Г} = I_{нГ} - \Delta q$ .

3.2.14 Если  $I_{Гх} > I_{нх}$ , то определенную ТСХ следует принять за исходную с значениями

$I$	0	$I_{Гх}$	$I_{Г\max}$
$n$	$n_x$	$n_{\min}$	$n_{\max}$

и провести уточненный расчет зарядного баланса по указаниям этапа 2.

3.2.15 Выбор стандартного генератора производится таким образом, чтобы его ТСХ была выше и левее исходной ТСХ.

#### **Этап 4 Замена генератора.**

##### 4.1 Основные задачи этапа.

4.1. 1. Определить условия замены генератора по отечественной методике.

4.1. 2. Определить условия замены генератора по методике фирмы BOSCH.

##### 4.2. Методические указания к выполнению этапа 4.

Необходимость замены генератора возникает, например, при оснащении автомобиля дополнительным электрооборудованием (в процессе тюнинга) или при необходимости заменить генераторную установку импортного производства на отечественную.

##### 4.2.1. Условия, необходимые для замены генератора;

- обе генераторные установки выполнены на одинаковое напряжение;
- генераторы имеют одинаковые токоскоростные характеристики (ТСХ) или у заменяющего генератора она лучше (больше номинальный ток, ниже частота вращения при  $I_{Г} = 0$ );

- передаточное число от двигателя к генератору примерно одинаково;

- габаритные и присоединительные размеры позволяют установить новый генератор взамен заменяемого. При этом необходимо учесть, что отечественные генераторы крепятся на двигателе за две лапы, в то время, как большинство зарубежных генераторов имеют однолапное крепление;

- схемы заменяемой и заменяющей генераторной установки идентичны;

Основные данные генераторов отечественного и зарубежного производства приведены в приложении П1 и П2.

По обеим методикам генератор подбирается на основе суммарного тока потребителей с учетом относительного времени работы потребителя во время движения. Для этого номинальный ток потребителя умножается на коэффициент времени работы  $k_t$ .

4.2.2. По отечественной методике предварительно определяется суммарная сила тока всех потребителей  $I_n$  работающих в режиме движения автомобиля ночью, зимой по шоссе. При этом постоянно включенными с  $k_t = 1$  принимаются

- фары дальнего света;
- габаритные огни;
- фонарь освещения номерного знака;
- освещение приборов и потребление ими тока; в том числе потребление маршрутным компьютером;
- система зажигания;
- система впрыска топлива и топливоподдачи
- электрическая блокировка замков;
- управление подвеской;
- система отопления;

Работа кратковременно включаемых потребителей учитывается со следующими коэффициентами  $k_t$ :

Таблица 4.1.

NN/nn	Потребитель	$k_t$
1	Стеклоочиститель ветрового стекла	0,25
2	Стеклоочиститель заднего стекла	0,15
3	Противотуманные фары	0,3
4	Противотуманные фонари	0,5
5	Сигналы торможения	0,5
6	Сигналы поворота	0,1
7	Очистители фар	0,1
8	Антиблокировочная система тормозов	0,6
9	Радиоприемник	0,7

Суммарная сила тока определяется по выражению:

$$I_n = I_{nn} + I_{nk}$$

где  $I_{nn}$  – суммарный ток постоянных потребителей

$I_{nk}$  – суммарный ток кратковременных потребителей

Номинальный ток генератора должен быть больше или равен 1,15  $I_n$  для легковых автомобилей и 1,25  $I_n$  для грузовых автомобилей и автобусов.

4.2.3. По методике фирмы BOSCH определяется суммарная сила тока всех потребителей  $I_n$ , работающих в режиме движения ночью, зимой по городу. При этом постоянно включенными потребителями принимаются:

- система зажигания;
- топливный насос;
- система электронного впрыска
- радиоприемник;
- фары ближнего света;
- габаритные огни;
- фонарь освещения номерного знака;
- освещение приборов;

Для потребителей, включаемых кратковременно фирма BOSCH рекомендует следующие значения  $k_t$ :

Таблица 4.2.

NN/nn	Потребитель	$k_t$
1	Вентилятор отопителя	0,5
2	Обогрев стекла	0,5
3	Стеклоочиститель	0,25
4	Электроохлаждение ДВС	0,1
5	Сигналы торможения	0,1
6	Сигналы поворота	0,1
7	Противотуманные фары	0,1

Суммарная сила тока определяется, как и в п. 4.2.2.

По величине  $I_n$  фирма BOSCH рекомендует выбирать генератор с номинальным током, указанным в таблице 4.3.

Таблица 4.3.

$I_n$ , А при 14 В	Менее 18	18-25	25-32	32-39	39-48	48-57	57-68
Номинальный ток генератора, А	28	35	45	55	65	75	90

После выбора генератора необходимо проверить, обеспечивает ли он нужную силу тока на частоте вращения холостого хода коленчатого вала ДВС. Частоту вращения ротора генератора, соответствующую частоте холостого хода ДВС, можно определить умножением последней на передаточное число привода двигатель-генератор. Если передаточное число неизвестно, можно принять частоту вращения холостого хода 1500 об/мин для обычной конструкции генераторов и 1800 об/мин для компактной конструкции.

Необходимо проверить так же, не превысит ли максимальная частота вращения генератора на данном двигателе допустимую для выбранного генератора величину.

Таблица П1. Основные данные генераторов отечественного производства.

Генератор	$P_{\text{ном}}$ , Вт	$U_{\text{ном}}$ , В	$I_{\text{ном}}$ , А	$n_0$ , мин <sup>-1</sup> , не более	$n_{\text{рн}}$ , мин <sup>-1</sup> , не более	$U_{\text{др}}$ , В	$I_{\text{др}}$ , А
ГГ221А	600	14	42	1150	2500	14	30
Г222	700	14	50	1250	2400	13	35
Г273В	780	28	28	1050	2200	28	20
37.3701	770	14	55	1100	2000	13	35
16.3701	900	14	65	1100	2500	14	45
29.3701	700	14	50	1250	2250	13	32
32.3701	840	14	60	1050	2200	14	40
38.3701	1260	14	90	900	1800	14	60
58.3701	730	14	52	1400	2400	13	32
63.3701	4200	28	150	1500	2500	28	150
65.3701	2500	28	90	1250	2400	26	60
66.3701	840	14	60	1150	2600	13	40
25.3771*	1120	14	80	1100	2200	13	53
1702.3771	1260	28	45	1150	2100	28	30
2022.3771	1260	14	90	1100	2400	14	60
16.3771	800	14	57	1000	2050	13	40
19.3771	940	14	67	800	2200	14	45
26.3771	770	14	55	1100	2200	14	37
851.3701	1150	14	82	1200	3000	14	55
9002.3701	2240	28	80	1350	2600	18	53
94.3701	1000	14	70	900	1800	14	40
955.3701	900	14	65	1050	2800	13	50

Таблица П2. Основные данные генераторов зарубежного производства.

Фирма, страна производитель											
Bosh (Германия)			Valeo (Франция)			Magneti Marelli (Италия)			Lucas (Англия)		
Тип	Ток отдачи, А, при частоте вращения		Тип	Ток отдачи, А, при частоте вращения		Тип	Ток отдачи, А, при частоте вращения		Тип	Ток отдачи, А, при частоте вращения	
	1500 мин <sup>-1</sup>	6000 мин <sup>-1</sup>		1500 мин <sup>-1</sup>	6000 мин <sup>-1</sup>		1500 мин <sup>-1</sup>	6000 мин <sup>-1</sup>		1500 мин <sup>-1</sup>	6000 мин <sup>-1</sup>
N1-14V			A13N14			AA125R-			A12		
36/80A	36	80	B	28	52	14V	20	48	7	19	45
34/90A	34	90	50A	28	64	-45	22	57	-45	24	55
40/115A	40	115	60A	28	71	-55	35	68	-55	24	65
25/140A	25	140	70A	28	80	-65			-65	25	70
*GC-14V			80A						-70	25	72
27-50A	27	50	A14N14	35	77				-72		
27-60A	27	60	V	31	82						
30-70A	30	70	75A	42	96						
*KC-14V			80A	40	110						
40-70A	40	70	90A								
40-80A	40	80	105A	35	70						
45-80A	45	80	*A11VI								
45-90A	45	90	21	30	60						
*NC-14V			*A11VI								
50-100A	50	100	22, 23	40	90						
60-120A	60	120	*A13VI								
40-140A	40	140	40,41								



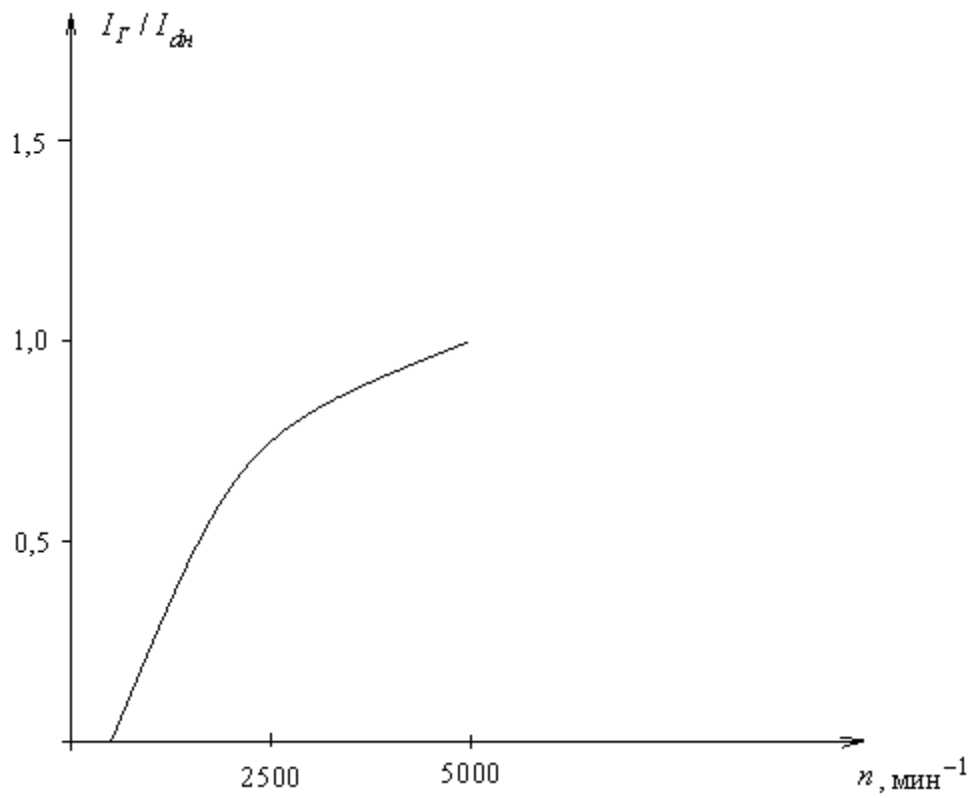


Рис. П1. Универсальная кривая генераторов отечественного производства.

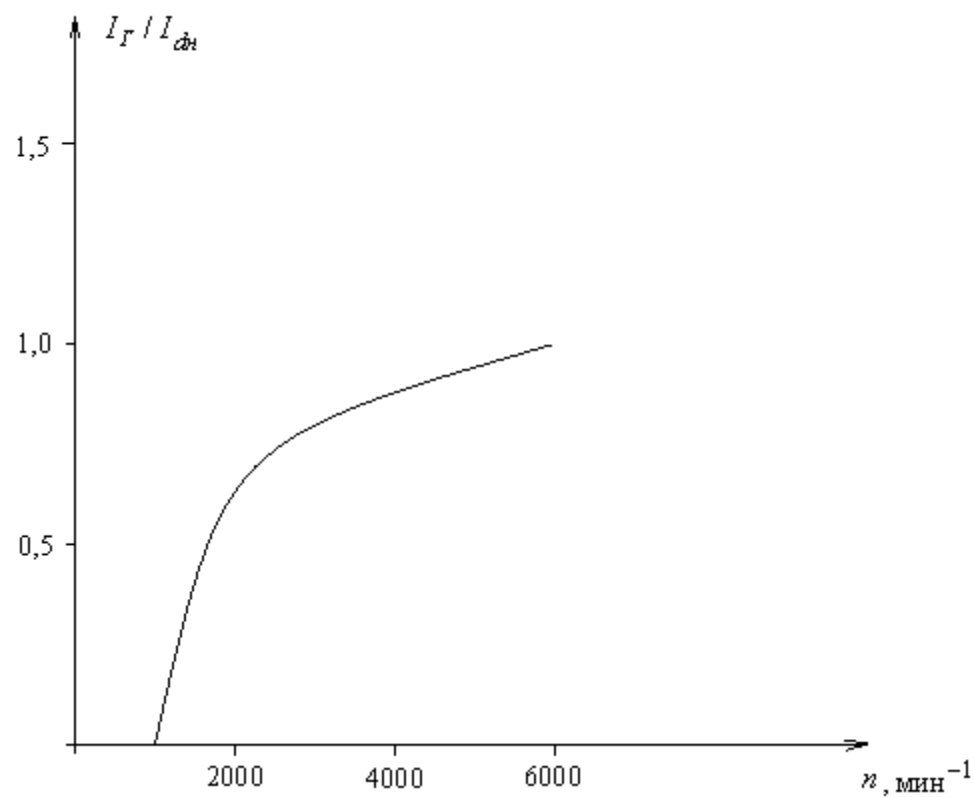


Рис.П2. Универсальная кривая генераторов зарубежного производства.