

II ЧАСТИНА

МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК ПО ВИКОНАННЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

1 РЕЖИМИ РОБОТИ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА АВТОМОБІЛІ Й ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Електроспоживачі на автомобілі класифікуються по двох ознаках:

а) часу роботи по відношенню до часу руху автомобіля;

б) по робочому режиму (відповідно до ГОСТ 3940-84 [1] вироби електроустановлення залежно від робочого режиму виготовляються в тривалому S1, короткочасному S2, і повторно-короткочасному S3 виконаннях).

Відповідно до прийнятої класифікації всі споживачі електричної енергії на автомобілі діляться на чотири групи.

Група 1. Споживачі тривалого ввімкнення

Одна частина споживачів цієї групи ввімкнена й працює протягом усього часу руху автомобіля, наприклад прилади запалювання й електронного упорскування палива, контрольно-вимірювальні прилади, а інша частина працює тільки під час нічної їзди (фари, габаритні ліхтарі, лампи освітлення приладів, ліхтар освітлення номерного знака).

Група 2. Споживачі, які вмикаються тимчасово

Споживачі цієї групи вмикаються й працюють по потребі протягом обмежених, але досить тривалих проміжків часу залежно від дорожніх, погодних і інших умов (стоп-сигнал, показчик повороту, радіоприймач, склоочисник, склоомивач та ін.).

Група 3. Споживачі, які вмикаються короткочасно (звуковий сигнал, сигнальні лампи аварійних режимів, прикурювач).

Час одного ввімкнення споживачів даної групи становить від часток секунди до кількох секунд, а сумарний час ввімкнення споживача за поїздки, як правило, не перевищує однієї хвилини

Група 4. Споживачі, які вмикаються на стоянках (стартер, електродвигун передпускового підігрівача, лампи освітлення кабіни водія й багажника, підкапотна й переносна лампи). Споживачі цієї групи живляться тільки від акумуляторної батареї, і витрата енергії на ці споживачі повинна бути відшкодована у процесі наступного руху автомобіля.

Величина струму, який споживають приймачі електричної енергії залежить від умов експлуатації автомобіля. Наприклад, струм, який споживається електродвигуном склоочисника, при відсутності опадів (дощу, снігу) дорівнює нулю, а при їхній наявності залежить від режиму роботи склоочисника й стану поверхні очищуваного скла. При руху автомобіля по шосе взимку вночі працює максимальна кількість споживачів електричної енергії, встановлених на автомобілі (режим максимального електричного навантаження). Частина споживачів працює в повторно-короткочасному режимі (наприклад, електромагнітна муфта вентилятора) або безупинно, але зі змінним значенням струму. Еквівалентний струм таких споживачів при розрахунку зарядного балансу визначається, як середнє арифметичне значення.^{х)} Таким чином, режим електроспоживачів на автомобілі характеризується широким діапазоном і випадковим характером навантаження.

Всі можливі умови експлуатації автомобіля можна звести до типових режимів роботи, які приймаються при розрахунку балансу електроенергії.

Для автомобілів і автобусів загального призначення, що не мають установок кондиціонування повітря:

- а) режим руху по шосе вночі взимку;
- б) режим руху по шосе вдень узимку;
- в) режим руху в місті вночі взимку;
- г) режим руху в місті вдень узимку.

^{х)} Середнє квадратичне значення струму приймається при розрахунку виробів електрообладнання на нагрівання.

Для автомобілів і автобусів, обладнаних установками кондиціювання повітря (споживаючих електроенергію), режими а, б, в, г перевіряються для умов руху влітку (з працюючим кондиціонером).

Для типових режимів роботи автомобіля сукупності випадкових значень струму споживачів виявляються статистично стійкими й цілком закономірними.^{х)} Ця закономірність може бути виражена коефіцієнтом часу роботи споживача стосовно часу роботи двигуна K_t і коефіцієнтом навантаження K_n ^{хх)} для споживачів, що мають кілька ступенів включення, що відповідають роботі з різним навантаженням.

На підставі статистичного аналізу режимів роботи споживачів визначені значення коефіцієнтів K_t і K_n [2] (таблиця 1.1).

Розрахунковий струм навантаження визначається сумуванням еквівалентних струмів одночасно працюючих електроспоживачів у розглянутому режимі роботи автомобіля

$$I_m = \Sigma I_{\text{екв}} = \Sigma I_{\text{спож}} \cdot K_t \cdot K_n, \quad (1.1)$$

де $I_{\text{екв}}$ - еквівалентний струм споживача, А;

$I_{\text{спож}}$ - номінальний струм споживача, який визначається по каталогу [3] або технічних умовах [4], А;

K_t - коефіцієнт часу роботи споживача;

K_n - коефіцієнт навантаження.

Добуток коефіцієнтів $K_t \cdot K_n$ є коефіцієнтом попиту на електроенергію.

Струм споживачів електроенергії визначається при напрузі живлення 13,5 або 27 В відповідно для 12 і 24-вольтного електроустаткування. Для вантажних автомобілів, призначених для роботи із причепом, розрахункове навантаження I_n визначається як для одиночного автомобіля, так і з урахуванням споживання електроенергії світло-сигнальними ліхтарями причепа й інших пристроїв, що забезпечують безпеку руху автопоїзда.

^{х)} Для експериментального визначення статистичних характеристик використовуються спеціальні прилади статистичного обліку

^{хх)} Під коефіцієнтом K_n слід розуміти відношення фактичної кількості електрики, що споживається при роботі на різних ступенях включення, до тієї кількості електрики, яке було б витрачено при роботі споживача з максимальним навантаженням на протязі того ж сумарного часу роботи.

Таблиця 1.1

Значення коефіцієнтів навантаження K_n і часу роботи K_t споживачів електроенергії на автомобілі.

Споживачі електроенергії	Місто		Шосе	
	K_n	K_t	K_n	K_t
1	2	3	4	5
Дальнє світло фар	1,0	0	1,0	1,0 ¹⁾
Ближнє світло фар	1,0	1,0 ¹⁾	-	-
Передні й задні габаритні ліхтарі, ліхтар освітлення номерного знака	1,0	1,0 ¹⁾	1,0	1,0 ¹⁾
Плафони внутрішнього освітлення автобусів	1,0	1,0 ¹⁾	1,0	1,0 ¹⁾
Додаткові, ліхтарі, що включають постійно, контурні, розпізнавальні й т.п.	1,0	1,0	1,0	1,0
Фари наддалекого світла, прожектор	-	-	1,0	0,3 ¹⁾
Протитуманні фари	1,0	0,2	1,0	0,3
Протитуманні ліхтарі	1,0	0,3	1,0	0,5
Лампи освітлення приладів	1,0	1,0 ¹⁾	1,0	1,0 ¹⁾
Стоп-сигнал	1,0	0,15	1,0	0,05
Показчик повороту	1,0	0,15	1,0	0,10
Живлення приладів	1,0	1,0	1,0	1,0
Система запалювання	1,0	1,0	1,0	1,0
Електродвигун опалювача (основний) ²⁾	1,0	1,0	1,0	1,0
Електродвигун опалювача (додатковий) ²⁾	0,5	0,5	0,5	0,5
Склоочищувачі				
передній	0,8	0,25	0,8	0,25
задній	1,0	0,15	1,0	0,15
Склоомивач	1,0	0,05	1,0	0,05
Фароочищувач	1,0	0,10	1,0	0,10
Фароомивач	1,0	0,03	1,0	0,03
Електродвигун кондиціонера ³⁾	0,6	1,0/0,3	0,6	1,0/0,3
Радіоприймач, магнітола, телевізор	1,0	0,5	1,0	0,7

Електромагнітна муфта вентилятора ⁴⁾	1,0	0,3/0,6	1,0	0,2/0,4
Електричний вентилятор охолодження двигуна мікро- і малолітражних автомобілів ⁴⁾	1,0	0,15/0,3	1,0	0,1/0,2
Пристрій обігріву скла для автомобілів середнього й високого класів	1,0	1,0	1,0	1,0
Пристрій обігріву скла для мікро- і малолітражних автомобілів	1,0	1,0	1,0	0,8

Споживання електроенергії споживачами групи 3, які включаються короткочасно й рідко, не враховується, а споживання енергії стартером і іншими споживачами групи 4, що включаються тільки на стоянках з непрацюючим двигуном, враховується окремо при розрахунку добового балансу електроенергії.

Струм що споживається лампами розжарювання освітлювальних і світлосигнальних приладів, визначається за формулою

$$I_{\text{л}} = P_{\text{р}} / U_{\text{р}}, \quad (1.2)$$

де $U_{\text{р}}$ - розрахункова напруга лампи, В;

$P_{\text{р}}$ - потужність лампи при розрахунковій напрузі, Вт;

Значення $U_{\text{р}}$ і $P_{\text{р}}$ наведені в додатку 1.

2 ПЕРЕВІРКА ПРАВИЛЬНОСТІ ВИБОРУ ПОТУЖНОСТІ ГЕНЕРАТОРА

Перевірка правильності вибору потужності генератора проводиться для режиму максимального електричного навантаження, коли приймачі електричної енергії на автомобілі, які включаються одночасно тривало, споживають від генератора максимальний струм. Для автомобілів і автобусів загального призначення таким режимом є режим руху по міжміському шосе вночі взимку. В автомобілях і автобусах, що мають установки для кондиціювання повітря, розрахункове навантаження споживачів перевіряється для режиму руху влітку, і в подальшому розрахунку приймається більше значення з отриманих значень розрахункового навантаження.

Розрахунковий струм споживачів у режимі максимального електричного навантаження визначається за формулою (1.1).

Мінімально необхідна потужність генератора повинна бути такою, щоб у режимі максимального електричного навантаження був практично нульовий баланс електроенергії й забезпечувався підзаряд акумуляторної батареї сталим зарядним струмом.

Тоді необхідний максимальний струм генератора, який потрібен для забезпечення сталого зарядного балансу в даному режимі

$$I_{Г\text{ max}} = I_{н\text{ max}} / 1 - TP,$$

де $I_{н\text{ max}}$ - розрахунковий струм споживачів, які вмикаються при руху й на зупинках із працюючим двигуном у режимі максимального електричного навантаження, А;

TP - відносна тривалість розряду акумуляторної батареї.

При руху автомобіля по шосе розряд акумуляторної батареї можливий тільки в періоди руху автомобіля накатом, коли двигун працює в режимі холостого ходу. Отже, відносна тривалість розряду батареї **TP** при руху автомобіля по шосе дорівнює

відносному часу нахату. Встановлено, що $TP = 0,13$ для легкових автомобілів і $TP = 0,2$ для вантажних автомобілів, тоді необхідний максимальний струм генератора:

для легкових автомобілів

$$I_{Г\max} = 1,15 \cdot I_{H\max}, \quad (2.1)$$

для вантажних автомобілів

$$I_{Г\max} = 1,25 \cdot I_{H\max}, \quad (2.2)$$

де 1,15 і 1,25 - коефіцієнти, що враховують сталий струм заряду батареї.

¹⁾ По відношенню до часу нічної їзди.

²⁾ Для режиму руху взимку.

³⁾ Для режиму руху влітку: в числівнику для дня, в знаменнику для ночі.

⁴⁾ В числівнику для режиму руху влітку, в знаменнику - взимку.

Необхідна потужність генератора

$$P_{Г\min} = U_{ном} \cdot I_{Г\max}, \quad (2.3)$$

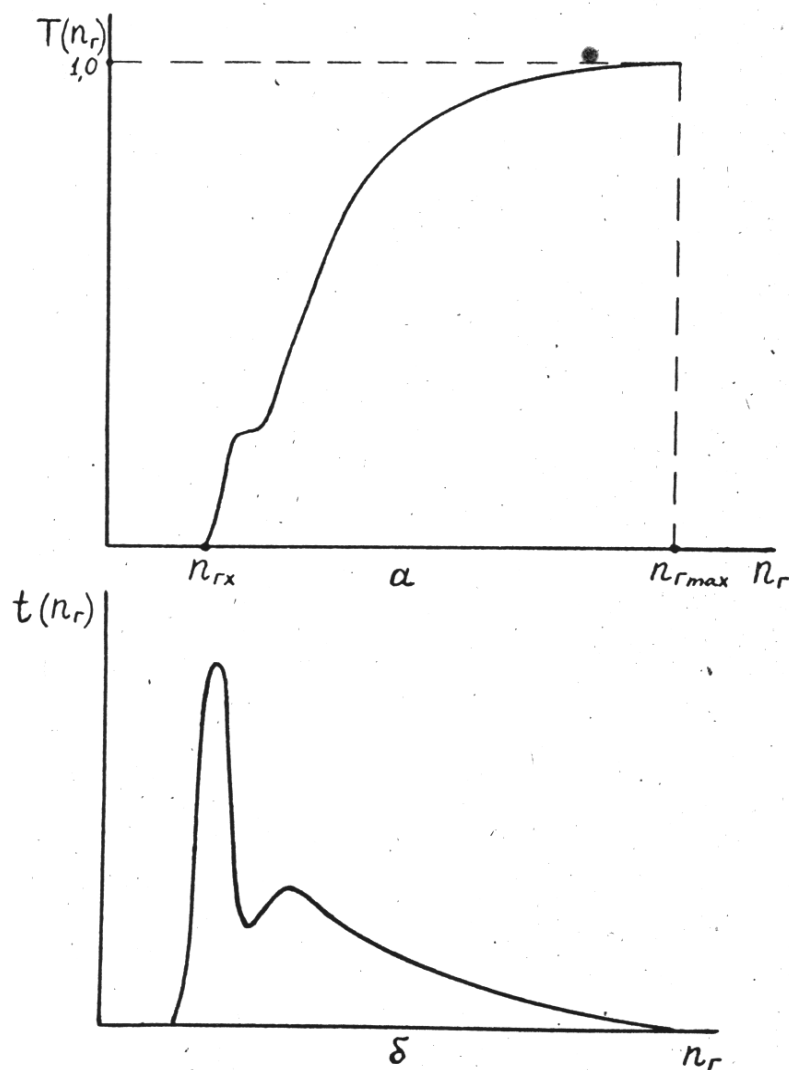
де $U_{ном}$ - номінальна напруга генератора (приймається рівною 14 або 28 В відповідно для 12- та 24-вольтного електроустаткування) .

Отримане розрахункове значення $P_{Г\min}$ не повинне перевищувати значення потужності штатного генератора автомобіля, що розглядається, при максимальній частоті обертання його ротора тобто $P_{Г\min} < P_{Г}$.

3 ШВИДКІСТНИЙ РЕЖИМ РОБОТИ ГЕНЕРАТОРА

При роботі автомобіля на швидкісний режим генератора впливають, крім параметрів самого автомобіля, умови руху (рух по місту або шосе, якість дорожнього покриття, інтенсивність транспортного потоку, погодні умови й т. ін.). Межі зміни частоти обертання ротора генератора визначаються частотою обертання колінчастого вала двигуна $n_{\text{дв}}$ і передатним відношенням привода i_r ($n_r = n_{\text{дв}} \cdot i_r$). Швидкісний режим роботи генератора, як і режим роботи електроспоживачів, характеризується широким діапазоном і випадковим характером. Однак для типових режимів роботи автомобіля швидкісний режим роботи генератора є статистично стійким і може бути описаний функцією ймовірності розподілу або функцією щільності ймовірності розподілу частоти обертання ротора генератора (мал. 3.1).

Функція ймовірності розподілу частоти обертання ротора генератора $T(n_r)$ є монотонно зростаючою й у межах зміни величини n_r змінюється від 0 до 1. Функція щільності ймовірності розподілу частоти обертання ротора генератора $t(n_r)$ одержується шляхом диференціювання функції ймовірності розподілу $t(n_r) = dT(n_r)/dn_r$ і характеризує частоту повторень даного значення величини n_r . Враховуючи зв'язок між цими характеристиками, функцію ймовірності розподілу називають інтегральною кривою, а функцію щільності ймовірності - диференціальною кривою розподілу.



Малюнок 3.1 Характеристики швидкісного режиму роботи генератора

а - функція ймовірності розподілу;

б - функція щільності ймовірності розподілу.

Швидкісний режим роботи генератора характеризується коефіцієнтом обортності

$$K_r = n_r / V_a \text{ (год/ хв} \cdot \text{км)},$$

де n_r - частота обертання ротора генератора, хв^{-1} ;

V_a - швидкість автомобіля, км/год .

Для порівняння швидкісних режимів генераторів різних марок автомобілів їх приводять до єдиного (типового) коефіцієнта оборотності генератора, який дорівнює $K_{\Gamma}' = 60 \text{ год/хв} \cdot \text{км}$. Тоді, незважаючи на різноманіття марок автомобілів, швидкісні режими генераторів можуть бути зведені до декількох типових кривих. При розрахунку розглядається найбільш несприятливий (з погляду забезпечення зарядного балансу) робочий режим автомобіля - режим руху у великому місті (мінімальна швидкість руху із частими зупинками, а, отже, низька частота обертання ротора генератора). На малюнках 3.2, 3.3, 3.4 представлені типові криві швидкісного режиму генераторів у вигляді інтегральних кривих розподілу, тобто залежностей відносного часу роботи генератора із частотою обертання ротора, нижчою даного значення.

При розрахунку обрана типова крива швидкісного режиму перераховується на фактичний коефіцієнт оборотності генератора

$$K_{\Gamma} = 2660 \cdot (i_{\Gamma} \cdot i_{\text{кп}} \cdot i_{\text{зм}} / R_{\text{к}}), \quad (3.1)$$

де i_{Γ} - передатне відношення привода генератора;

$i_{\text{кп}}$ - передатне відношення коробки зміни передач на вищій передачі (для автомобілів з гідротрансформатором вважається, що передатне відношення гідротрансформатора дорівнює 1);

$i_{\text{зм}}$ - передатне відношення головної передачі (заднього мосту) з урахуванням додаткових або бортових редукторів, якщо вони є;

$R_{\text{к}}$ - статичний радіус ведучих коліс (з урахуванням зминання шин), мм.

Статичний радіус коліс визначається по параметрах шини автомобіля, які зазначені в її маркуванні. Розрахунок статичного радіуса коліс із урахуванням зминання шин наведений у додатку 3.

Перерахування типової кривої швидкісного режиму генератора виконується перемноженням абсцис кривої на відношення $K_{\Gamma}/60$ за формулою:

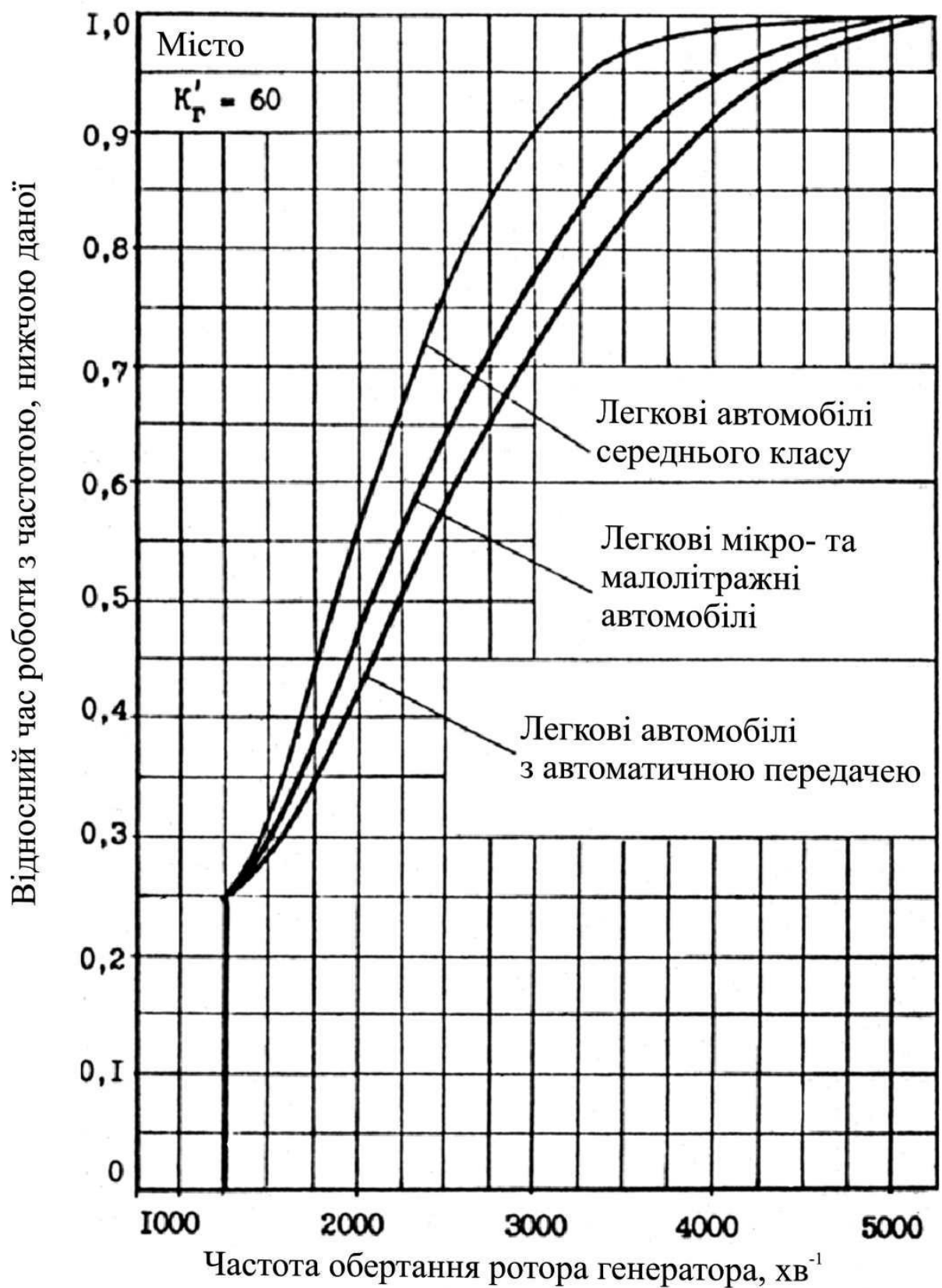
$$n_{\Gamma} = n_{\Gamma}' \cdot \frac{K_r}{60}, \quad (3.2)$$

де n_{Γ}' - абсциса кривої, що відповідає $K_r = 60$;

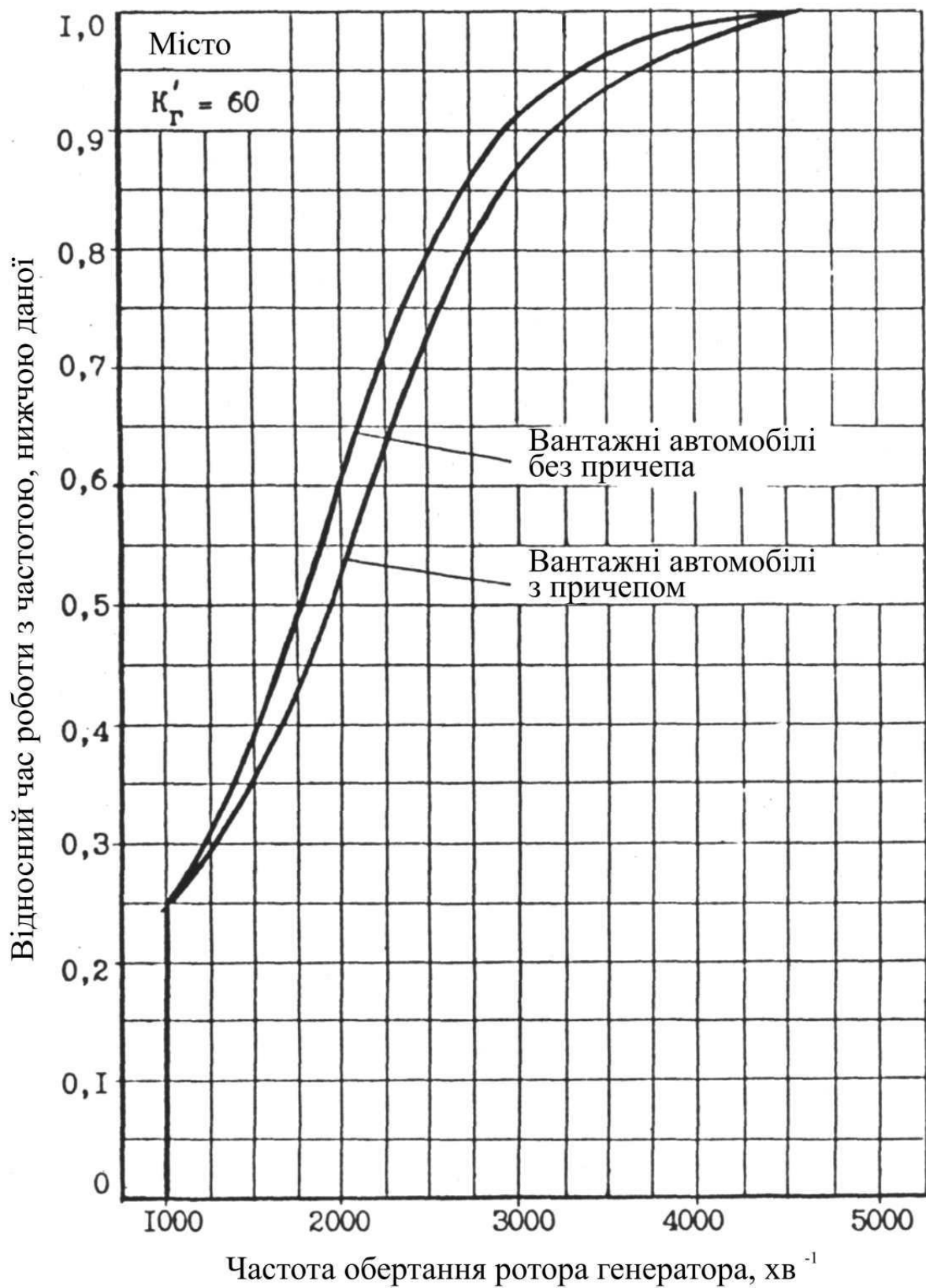
n_{Γ} - перерахована абсциса, що відповідає фактичному значенню K_r .

При перерахуванні типових кривих швидкісного режиму на фактичний коефіцієнт оборотності генератора абсциса початкової частини кривої повинна бути визначена за формулою

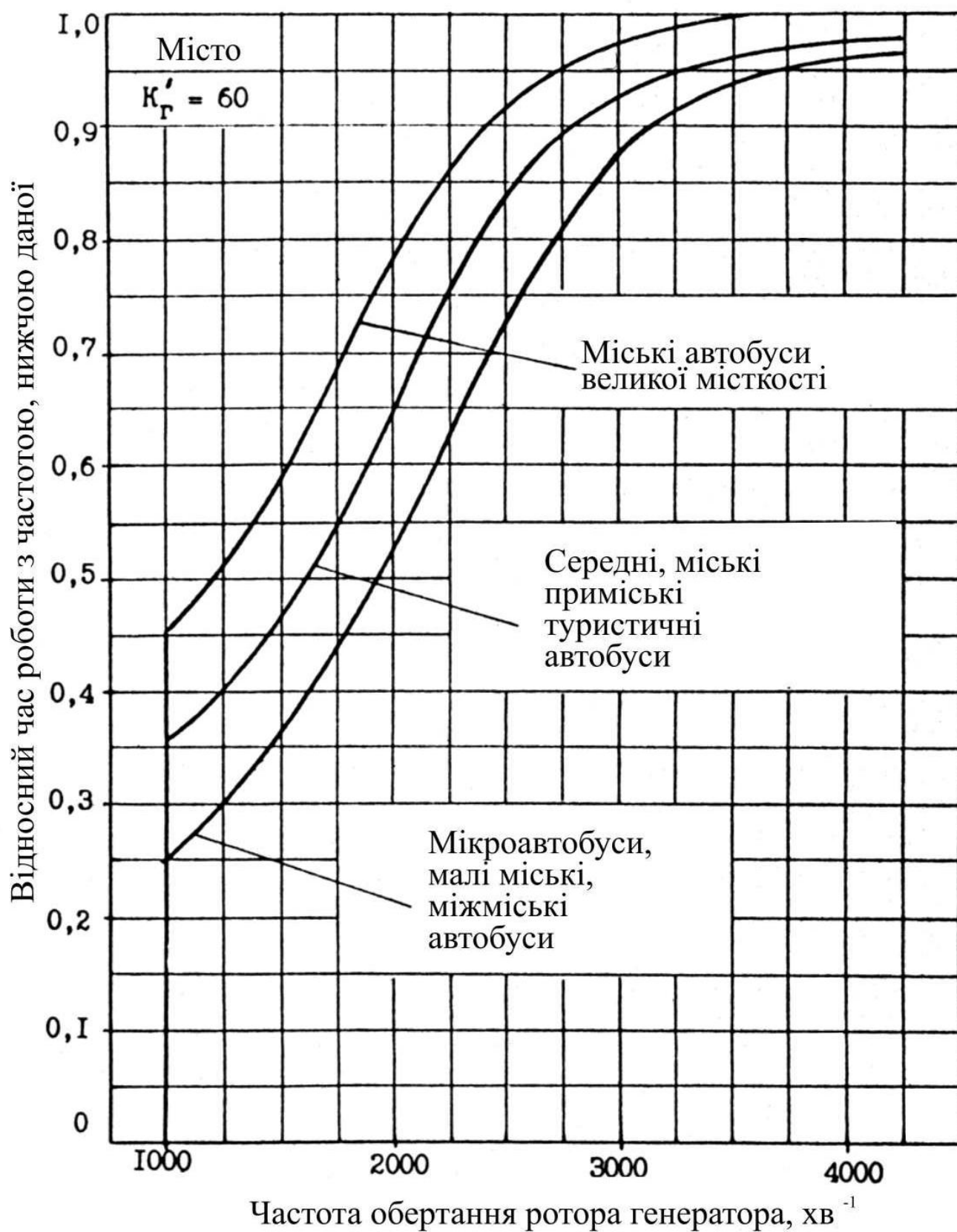
$$n_{\Gamma x} = n_{\text{двх}} \cdot i_{\Gamma}. \quad (3.3)$$



Малюнок 3.2 Типові криві швидкісного режиму генераторів для розрахунку балансу електроенергії легкових автомобілів



Малюнок 3.3 Типові криві швидкісного режиму генераторів для розрахунку балансу електроенергії вантажних автомобілів



Малюнок 3.4 Типові криві швидкісного режиму генераторів для розрахунку балансу електроенергії автобусів

При цьому частота обертання колінчастого вала двигуна в режимі холостого ходу $n_{\text{двх}}$ приймається за заводським даними, але не нижче наступних значень хв^{-1} :

для мікро- і малолітражних легкових автомобілів - 750;

для легкових автомобілів середнього класу - 600;

для легкових автомобілів з автоматичною передачею - 500;

для вантажних автомобілів з 4-циліндровим карбюраторний двигуном - 600;

для вантажних автомобілів з 6- і 8-циліндровьш карбюраторним двигуном - 500;

для вантажних автомобілів з дизельним двигуном - 600;

для автобусів з 6- і 8-циліндровим карбюраторним двигуном - 500;

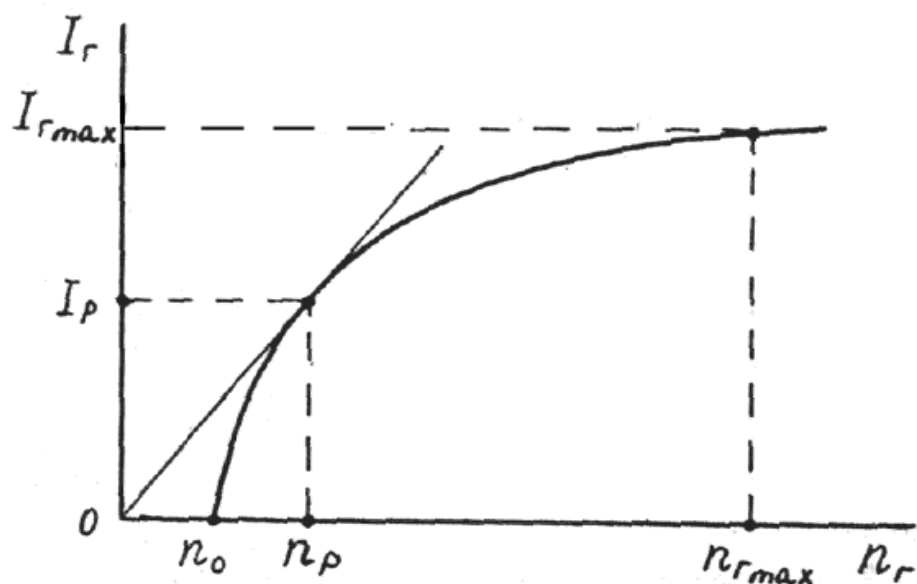
для інших автобусів з карбюраторним або дизельним двигуном - 600.

4 СТРУМОШВИДКІСНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕРАТОРА

Баланс електроенергії на автомобілі визначається різницею між кількістю електрики, яку віддає генератор у мережу електроустаткування, й кількістю електрики, яка необхідна для живлення включених на автомобілі електроспоживачів. Кількість електрики, яку може віддати генератор, визначається струмошвидкісною характеристикою – залежністю струму віддачі генератора I_r від частоти обертання ротора n_r при постійних значеннях напруги U_r і струму збудження I_z , тобто $I_r(U_r)$ при $U_r = \text{const}$ і $I_z = \text{const}$.

Струмошвидкісна характеристика генератора визначається при нормальних значеннях зовнішнього середовища в гарячому стані при напрузі 14 або 28 В^{х)}.

Сучасні автомобільні генератори змінного струму мають властивість самообмеження струму, який вони віддають, і мають характеристику, що відповідає малюнку 4.1



Малюнок 4.1 Струмошвидкісна характеристика автомобільного генератора змінного струму

^{х)} Для генераторів з вбудованим інтегральним регулятором напруги допускається визначати струмошвидкісну характеристику при напрузі 13 чи 26 В

У технічних умовах [3,4] на генератор, як правило, вказують наступні параметри його струмошвидкісної характеристики в гарячому стані:

частота обертання ротора початку віддачі n_b ;

розрахункова частота обертання ротора n_p ;

розрахунковий струм віддачі I_p ;

максимальний струм віддачі $I_{\Gamma \max}$;

максимальна частота обертання ротора $n_{\Gamma \max}$.

Розрахункові параметри генератора можна визначити, провівши з початку координат дотичну до струмошвидкісної характеристики.

Точка дотику є розрахунковою точкою на характеристиці й визначає розрахункові величини I_p і n_p (див. малюнок 4.1).

Струмошвидкісна характеристика автомобільного генератора змінного струму може бути апроксимована виразом

$$I_{\Gamma} = I_{\Gamma \max} \left(1 - e^{-\frac{n_o - n_r}{\tau}} \right), \quad (4.1)$$

де τ - постійна часу експоненти, що апроксимує криву струмошвидкісної характеристики.

Постійна τ може бути визначена по параметрах розрахункової крапки струмошвидкісної характеристики

$$I_{\Gamma} = I_{\Gamma \max} \left(1 - e^{-\frac{n_o - n_p}{\tau}} \right),$$

або

$$1 - \frac{I_p}{I_{\Gamma \max}} = e^{-\frac{n_o - n_p}{\tau}}.$$

Прологарифмувавши останній вираз, одержимо:

$$\tau = \frac{n_o - n_p}{\ln\left(1 - \frac{I_p}{I_{\Gamma \max}}\right)} \quad (4.2)$$

Таким чином, знаючи паспортні дані генератора (n_o , n_p , I_p), можна розрахувати по формулах (4.1) і (4.2) його струмошвидкісну характеристику.

5 РОЗРАХУНОК ВИЗНАЧЕННЯ БАЛАНСУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА АВТОМОБІЛІ

Мета розрахунку - визначити потенційні можливості генератора, який забезпечує баланс електроенергії при заданих режимах експлуатації автомобіля. При цьому розрахунок проводиться в припущенні, що генератор віддає свою повну потужність, а стан акумуляторної батареї (її ступінь зарядженості й температура електроліту) і величина регульованої напруги такі, що батарея повністю сприймає зарядний струм.

Кількість електрики, яка віддається генератором у мережу електроустаткування автомобіля, можна характеризувати відносною величиною цього параметра - годинною віддачею q_r , тобто кількістю електрики, яка віддається генератором за одну годину руху автомобіля. При цьому передбачається, що генератор працює при незмінній струмошвидкісній характеристиці $I_r(n_r)$ і в певному швидкісному режимі (їзда у великому місті).

У загальному вигляді годинна віддача генератора визначається значенням визначеного інтеграла

$$q_r = \int_{n_{rx}}^{n_{r \max}} I_r(n_r) t(n_r) dn_r \quad (5.1)$$

де $I_r(n_r)$ - струмошвидкісна характеристика генератора;

$t(n_r)$ - функція щільності ймовірності розподілу частоти обертання ротора генератора.

Функція $t(n_r)$, що характеризує швидкісний режим роботи генератора, не має аналітичного вираження. Тому значення визначеного інтеграла (5.1) визначається графоаналітичним методом. Для цього графічно суміщають струмошвидкісну характеристику генератора $I_r(n_r)$ з інтегральною кривою розподілу $T(n_r)$ для фактичного коефіцієнта оборотності K_r (малюнок 5.1). Робочий діапазон частоти обертання ротора генератора розбивається на m інтервалів. Причому ширина інтервалу Δn_{ri} виби-

рається такою, щоб ділянки струмошвидкісної характеристики й кривої швидкісного режиму мало відрізнялися від прямолінійних відрізків. Для кожного інтервалу частоти обертання ротора по кривій $T(n_r)$ визначаються відносний час роботи генератора Δt_i у кожному інтервалі, а по характеристиці $I_r(n_r)$ - струм віддачі генератора $I_{грi}$, який відповідає середині кожного інтервалу Δn_{ri} .

Тоді значення визначеного інтеграла (5.1) можна визначити методом наближеного інтегрування

$$q_r = \sum_{i=1}^m I_{грi} \cdot \Delta t_i, \quad (5.2)$$

де m - кількість інтервалів;

$I_{грi}$ - середнє значення струму генератора в i -інтервалі;

t_i - відносний час роботи генератора в i -інтервалі.

Кількість електрики, необхідної для живлення включених на автомобілі електроспоживачів, також характеризується відносною величиною, тобто кількістю електрики, необхідною для живлення споживачів протягом однієї години роботи автомобіля $q_{ж}$.

У цьому випадку величина $q_{ж}$ буде дорівнювати розрахунковому струму навантаження, тому що $t = 1$ година.

$$q_{ж} = I_n \cdot t_1 = I_n \cdot 1 = I_n \quad (5.3)$$

Розрахункове навантаження I_n визначається за формулою (1.1).

У тих випадках, коли частота обертання початку віддачі генератора n_0 більша за частоту обертання ротора, яка відповідає частоті обертання валу двигуна в режимі холостого ходу $n_{гх}$ (малюнок 5.1 а) і не відбувається відключення обмотки збудження генератора, необхідно врахувати споживання струму ланцюгом обмотки збудження.

Для випадку $n_0 > n_{гх}$ величина $q_{ж}$ визначається виразом

$$q_{ж} = I_n + I_{зм} \cdot t_n \quad (5.4)$$

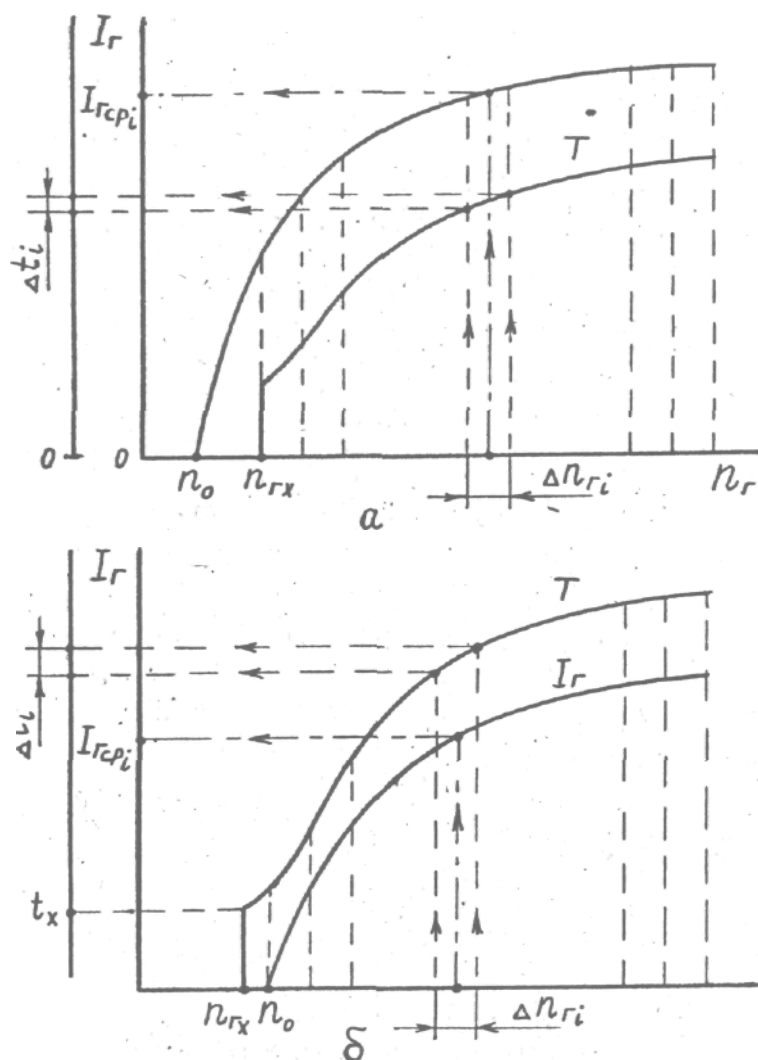
де $I_{зм}$ - значення максимального струму збудження генератора при $U_r = U_{ном}$;

t_x - значення відносного часу роботи генератора при частоті обертання $n_{гх}$, обумовленого по кривій $T(n_r)$.

Для випадку $n_0 < n_{гх}$ (малюнок 5.1 б) величина q_n визначається за формулою (5.3).

Різниця між годинною віддачею генератора й кількістю електрики, необхідною для живлення електроспоживачів, за одну годину роботи автомобіля визначає годинний баланс електроенергії (годинний заряд або розряд акумуляторної батареї)

$$q_b = q_r - q_{ж} \quad (5.5)$$



Малюнок 5.1 Суміщення інтегральної кривої швидкісного режиму роботи генератора з його струмошвидкісною характеристикою: а - $n_0 < n_{гх}$, б- $n_0 > n_{гх}$

Якщо значення q_6 , обчислене за формулою (5.5), дорівнює нулю ($q_6 = 0$), тобто $q_r = q_{ж}$, то має місце нульовий баланс електроенергії. Якщо q_6 має позитивний знак ($q_6 > 0$), то має місце позитивний годинний баланс. Якщо q_6 має негативний знак то має місце негативний годинний баланс.

Добовий баланс електроенергії підраховується за формулою

$$Q_{доб} = q_{бд}t_d + q_{бн}t_n - Q_{ст} - Q_o, \quad (5.6)$$

де $q_{бд}$, $q_{бн}$ - кількість електрики, отримана (+) або віддана (-) акумуляторною батареєю за одну годину відповідно денної і нічної експлуатації автомобіля в розгляданому режимі;

t_d , t_n - число годин руху автомобіля за добу відповідно при денній і нічній експлуатації;

$Q_{ст}$ - витрата ємності батареї на пуски двигуна за добу;

Q_o - витрата ємності батареї на споживачі, що включають на стоянках з непрацюючим двигуном (у тому числі й на передпусковий підігрівник).

Значення t_d і t_n вибираються відповідно до режиму експлуатації автомобіля. При відсутності особливих вказівок приймаються:

Взимку - $t_d = t_n = 5$ год;

Улітку - $t_d = 8$ год, $t_n = 2$ год.

Добова витрата ємності батареї на пуски двигуна стартером приймається рівною

для автомобілів з карбюраторним двигуном

$$Q_{ст} = 0,03 \cdot C_{20} \quad (5.7)$$

для автомобілів з дизельним двигуном

$$Q_{ст} = 0,1 \cdot C_{20} \quad (5.8)$$

де C_{20} - номінальна ємність батареї.

При розрахунку добового балансу електроенергії влітку (в автомобілів з кондиціонером) витрата на пуски стартером приймається рівною 50% від зазначених вище значень.

Добова витрата ємності батареї Q_0 на живлення споживачів, які включаються на стоянках з непрацюючим двигуном (наприклад, на пусковий підігрівач), вказується заводом-виготовлювачем залежно від числа, потужності й необхідного режиму роботи цих споживачів. Приклад розрахунку величини Q_0 наведений у додатку 4.

6 ОЦІНКА БАЛАНСУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РОЗРАХУНКУ

За ОСТ 37.003.021-77 [2] відповідність системи електропостачання, застосованої для даного типу автомобіля, оцінюється наступними критеріями:

а) добовим балансом електроенергії, який при експлуатації автомобіля в місті повинен бути позитивним, тобто $q_{\text{доб}} > 0$;

б) відносним зарядом або розрядом батареї при експлуатації автомобіля в місті вночі взимку (без урахування витрати ємності на пуски)

$$q_{\text{бн}} \% = (q_{\text{бн}} / C_{20}) \cdot 100 (\%) \quad (6.1)$$

Відносний розряд акумуляторної батареї не повинен бути більше:

для автобусів і одиночних вантажних автомобілів з дизельним двигуном.....	0;
для вантажних автомобілів з дизельним двигуном і причепом	3%;
для одиночних вантажних автомобілів з карбюраторним двигуном	2%;
для вантажних автомобілів з карбюраторним двигуном і причепом	5%;
для легкових автомобілів середнього й високого класів.....	4%;
для мікро- і малолітражних легкових автомобілів.....	5%;

в) струмом віддачі генератора при частоті обертання колінчастого вала двигуна на холостому ході $I_{\text{ГХ}}$. Рекомендується, щоб на легкових автомобілях середнього й високого класів генератор забезпечував живлення системи запалювання, приладів, габаритних ліхтарів та основного електродвигуна опалювача на малій швидкості, а на інших автомобілях - живлення системи запалювання, приладів і габаритних ліхтарів, тобто $I_{\text{ГХ}} \geq I_{\text{ПХ}}$.

У випадках, коли оцінка за критеріями дає незадовільний результат і вказує на недостатній заряд акумуляторної батареї, необхідно для поліпшення параметрів балансу електроенергії або підвищити передаточне число привода, або застосувати "інший тип генератора з меншим значенням частоти початку віддачі й більшою потужністю

7 ПОСЛІДОВНІСТЬ ПЕРЕВІРОЧНОГО РОЗРАХУНКУ

БАЛАНСУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА АВТОМОБІЛІ

7.1 Вихідні дані для розрахунку

Використовуючи опис заданого типу автомобіля й довідники, визначають вихідні дані:

- тип генератора;
- параметри струмошвидкісної характеристики генератора:
 - частоту обертання ротора початку віддачі n_0 ;
 - частоту обертання ротора в розрахунковому режимі n_p ;
 - струм віддачі в розрахунковому режимі I_p ;
- максимальний струм віддачі $I_{Г \max}$;
- передаточне число привода генератора i_g ;
- тип регулятора напруги (реле-регулятора);
- тип акумуляторної батареї;
- номінальну ємність акумуляторної батареї C_{20} ;
- перелік споживачів електричної енергії на автомобілі і їхні номінальні струми;
- передаточне число коробки зміни передач на вищій передачі $t_{кп}$;
- передаточне число головної передачі з урахуванням додаткових або бортових редукторів, якщо вони є $i_{зм}$;
- позначення шини автомобіля для розрахунку статичного радіуса ведучих коліс під навантаженням R_k ;
- частоту обертання колінчастого вала двигуна в режимі холостого ходу $n_{двх}$;

- інші дані^{х)}.

7.2 Визначення розрахункового навантаження від споживачів електроенергії

Розрахункове навантаження від споживачів електроенергії визначається за формулою (1.1) для трьох типових режимів роботи автомобіля взимку:

- а) місто, ніч $I_{нмн}$;
- б) місто, день $I_{нмд}$;
- в) шосе, ніч $I_{ншн}$;

7.3 Перевірка правильності вибору потужності генератора

За максимальним значенням розрахункового струму навантаження $I_{ншн}$ визначаються необхідний максимальний струм віддачі генератора за формулою (2.1) або (2.2) залежно від типу автомобіля й мінімально необхідна потужність генератора за формулою (2.3)

7.4 Суміщення кривої швидкісного режиму роботи генератора з його струмошвидкісною характеристикою

Залежно від типу розглянутого автомобіля на малюнках 3.2, 3.3, 3.4 вибирається типова крива швидкісного режиму роботи генератора $T(n_r)$.

^{х)} Наприклад, для розрахунку струму, що споживається системою запалювання (див. дод.2), чи для визначення витрати ємності батареї на живлення передпускового підігрівача.

За формулою (3.1) визначається фактичний коефіцієнт оборотності генератора, і за формулою (3.2) перераховується типова крива швидкісного режиму роботи генератора. Абсциса початкової частини кривій визначається формулою (3.3).

Використовуючи формули (4.1) і (4.2), розраховується струмошвидкісна характеристика генератора.

На одному графіку будуються струмошвидкісна характеристика генератора $I_r(n_r)$ і інтегральна крива швидкісного режиму $T(n_r)$ при фактичному значенні коефіцієнта оборотності K_r .

Робочий діапазон частоти обертання ротора генератора, розбивається на інтервали Δn_{ri} шириною 250 хв^{-1} . Для кожного інтервалу частоти обертання Δn_{ri} по інтегральній кривій швидкісного режиму графічно визначається відносний час роботи генератора в кожному інтервалі Δt_i , а по струмошвидкісній характеристиці - середня величина струму генератора $I_{грi}$, що відповідає середині кожного інтервалу Δn_{ri} .

Перемножуванням середнього значення струму генератора $I_{грi}$ й відносного часу роботи Δt_i в інтервалі частоти обертання $I_{грi}$ визначається годинна віддача генератора для кожного інтервалу частоти обертання $I_{грi} \cdot \Delta t_i$.

Сумуванням по всіх інтервалах (формула 5.2) визначається годинна віддача генератору q_r , тобто максимальне число $A \cdot \text{год}$, що може віддати генератор при роботі на своїй струмошвидкісній характеристиці в заданому швидкісному режимі протягом однієї години.

7.5 Перевірочний розрахунок балансу електроенергії і його оцінка

Залежно від співвідношення частот обертання ротора генератора n_0 і $n_{гх}$ за формулою (5.3) або (5.4) визначається кількість електрики, необхідна для живлення споживачів, включених на автомобілі взимку в місті вдень $q_{пд}$ і вночі $q_{пн}$.

За формулою (5.5) визначається годинний заряд $+/+$ або розряд $-/-$ акумуляторної батареї в денному $q_{бд}$ і нічному $q_{бн}$ режимах експлуатації автомобіля.

Визначається добовий баланс електроенергії $Q_{доб}$ на автомобілі за формулою (5.6).

Оцінка балансу електроенергії проводиться по наступних його параметрах:

а) добовому балансі електроенергії;

б) відносному заряду чи розряду батареї при експлуатації автомобіля в місті вночі взимку $q_{\text{бн}}\%$ (див. формулу (6.1));

в) струму віддачі генератора при частоті обертання колінчастого вала двигуна на холостому ході $I_{\text{ГХ}}$.

Величина струму генератора $I_{\text{ГХ}}$ визначається по струмошвидкісній характеристиці при частоті обертання ротора $n_{\text{ГХ}}$.

Для оцінки знайденої величини струму генератора $I_{\text{ГХ}}$ визначаються струми, споживані системою запалювання $I_{\text{сзх}}^{\text{x})}$, приладами $I_{\text{квп}}$, габаритними ліхтарями $I_{\text{го}}$ й основним електродвигуном опалювача на малій швидкості $I_{\text{отоп}}^{\text{xx})}$.

За результатами оцінки робиться вивід про відповідність балансу електроенергії розглянутого типу автомобіля вимогам ОСТ 37.003.034-77.

Приклад розрахунку балансу електроенергії автомобіля ВАЗ - 2106 наведений у додатку 5.

^{x)} Розрахунок струму, споживаного системою запалювання на холостому ході двигуна наведений у додатку 2

^{xx)} Струм $I_{\text{отоп}}$, споживаний основним електродвигуном опалювача, визначається тільки для легкових автомобілів середнього та високого класів

ДОДАТОК 1

Електричні характеристики ламп освітлювальних і світлосигнальних приладів

Таблиця 1.1

Тип лампи	Тип цоколя	Напруга, В		Потужність при розрахунковій напрузі, Вт	Призначення, категорія
		Номінальна	Розрахункова		
1	2	3	4	5	6
A12-50+21	P42d/II	12	13,0-13,5	41,6+19,0	фари
A12-60+40	P42d/II	12	13,0-13,5	43,0+30,2	
A24-60+40	P42d/II	24	28,0-28,0	50,0+35,0	
A12-21-2	P24s	12	13,5	19,0	
A12-32	P24s	12	13,5	27,7	
A12-50+21-2	2ФД30-1	12	13,0-13,5	41,6+19,0	
A12-45+40	P45t/41	12	14,0-14,0	55,0+49,0	R2
A24-55+50	P45t/41	24	28,0-28,0	60,5+55,0	R2
A12-50+40	P42d /2ФД142/	12	13,0-13,5	50,0+40,5	
A12-35+35	Ba20d	12	13,5-13,5	35,0+35,0	
A12-35	Ba20s /Ф-III20/	12	13,5	35,0	F2
АКГ12-55	P14,5e	12	13,2	68,0	H1
АКГ24-70	P14,5e	24	28,0	84,0	H1
АКГ12-55-1	PK22-8	12	13,2	68,0	H3
АКГ24-70-1	PK22-8	24	28,0	84,0	H3
АКГ12-60+55	P43t-38	12	13,2-13,2	75,0+68,0	H4
АКГ12-75+70	P43t-38	24	28,0-28,0	85,0+80,0	H4

A12-21+6	BAV15d	12	13,5-13,5	19,0+8,5	Сполучені сигнальні ліхтарі
A12-32+4	BAV15d	12	13,0-14,0	27,7+7,4	
A24-32+4	BAV15d	24	28,0-28,0	29,0+10,0	
A12-21+5	BAV15d/19	12	13,5-13,5	25,0+6,0	P25-2
A24-21+5	BAV15d	24	28,0-28,0	28,0+10,0	P25-2
A12-3	B15s	12	13,5	5,9	Габаритні ліхтарі, ліхтарі освітлення номерного знака, бічні повторювачі
A24-3	B151s	24	28,0	6,8	
A12-4	BA9s/14	12	13,5	4,0	T8/4
A24-4	BA9s	24	28,0	5,0	T8/4
A12-5	BA15s/19	12	13,5	5,0	R19/5
A24-5	BA15s/19	24	28,0	7,0	R19/5
AC12-5	SV8,5/8	12	13,5	5,0	311
AC24-5	SV8,5/8	24	28,0	7,0	311
A12-10	BA15s	12	13,5	10,0	R19/10
A24-10	BA15s	24	28,0	12,5	R19/10
A12-15	B15s	12	13,5	14,3	Сигнальні ліхтарі гальмування й повороту, проти- туманні ліхтарі освітлення при задньому ході
A12-21	B15s	12	13,5	19,0	
A24-12	B15s	24	28,0	20,0	
A12-21-3	BA15s/19	12	13,5	25,0	P25-1
A24-21-3	BA15s/19	24	28,0	28,0	P25-1
AC12-21	SV8,5	12	13,5	25,0	C15
A12-1	BA9s/14	12	14,5	2,1	Освітлення приладів
A24-1	BA9s/14	24	28,0	2,5	

A24-2	BA9s/14	24	28,0	3,0	і сигналізатори
A12-08	BA7s/11	12	12,8	0,8	
AMH12-3	BA9s/14	12	13,5	3,0	
AMH24-3	BA7s/11	24	28,0	3,5	
ЛБ-15		127 ¹⁾	58,0 ²⁾	15/0,3 ³⁾	Люмінесцентні лампи для освіт- лення салонів автобусів (жив- лення змінним струмом від пе- ретворювачів П12-15 або П12- 30)
ЛБ-30		127 ¹⁾	108,0 ²⁾	30,0/0,34 ³⁾	

1) - Напруга мережі.

2) - Напруга на лампі

3) - У чисельнику зазначена потужність у ватах, а в знаменнику - струм лампи в амперах.

ДОДАТОК 2

Розрахунок струму, споживаного системою запалення

Розрахунок еквівалентного струму, споживаного системою запалення, проводиться з урахуванням швидкісного режиму роботи автомобільного **двигуна**

$$I_{c3} = \frac{Ig_1\Delta t_1 + Ig_2\Delta t_2 + \dots + Ig_m\Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m} = \frac{\sum_{i=1}^m Igi\Delta ti}{\sum_{i=1}^m \Delta ti}, \quad (2.1)$$

Де $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_m$ - відносний час роботи двигуна в інтервалах **частот - обертання** колінчастого валу ($\sum_{i=1}^m \Delta ti = 1$ $Ig_1, Ig_2, \dots, Ig_m$ - значення струму, що **діють**, споживаного системою запалення при роботі двигуна в інтервалах частот обертання $\Delta n_{g\phi 1}, \Delta n_{g\phi 2}, \dots, \Delta n_{g\phi m}$ (відповідають середині **кожного** інтервалу $\Delta n_{g\phi}$))

Ефективне значення струму, що діє, споживаного системою запалення

$$Ig = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{t_3} i_1^2 dt} = \frac{(U_{\delta} - \Delta U_{\kappa})}{R_1} \sqrt{\tau_3 \left[1 - \frac{1}{2a} (e^{-a} - 3)(e^{-a} - 1) \right]}$$

де i_1 - миттєве значення струму в первинному ланцюзі;

$T = t_3 + t_p = 120 / (i_c * n_{g\phi})$ - період роботи системи запалення;

$t_3 = t_n = \tau_3 * T$ - час протікання первинного струму (час накопичення енергії в котушці запалення);

t_p - час відсутності струму в первинному ланцюзі

i_c - число циліндрів двигуна;

$n_{g\phi}$ - частота обертання колінчастого валу двигуна

Для контактної системи запалення : t_3, t_p - відповідно час **замкнутого** і розімкненого стану контактів переривника.

$\tau_3 = t_3 / (t_3 t_p) = \alpha_3 / (\alpha_3 + \alpha_p)$ відносний час протікання первинного струму;

α_3 - кут повороту валу розподільника, протягом якого в первинному ланцюзі протікає струм

α_p - кут повороту валу розподільника, протягом якого в первинному ланцюзі відсутній струм;

U_o - напруга живлення;

$\Delta U_k = U_{кнас} + U_{ог}$ падіння напруги на ділянці первинного ланцюга в транзисторному (електронному) комутаторі;

$U_{кнас}$ - **напруга** переходу "колектор-емітер" вихідного транзистора в режимі насичення;

$U_{ог}$ - порогова напруга діода (визначається по вольтамперній характеристиці діода);

$R_1 = R_{w1} + R_g + R_n + R_k$ - сумарний опір первинному ланцюгу;

R_{w1} - опір первинної обмотки котушки запалення;

R_g - опір додаткового резистора;

R_n - опір контактів вимикача запалення, перехідних контактів і проводів ($R_n 0,03..,0,3$ Ом);

$R_k = R_{vd} + R_u$ - опір ділянки первинному ланцюгу в транзисторному (електронному) комутаторі;

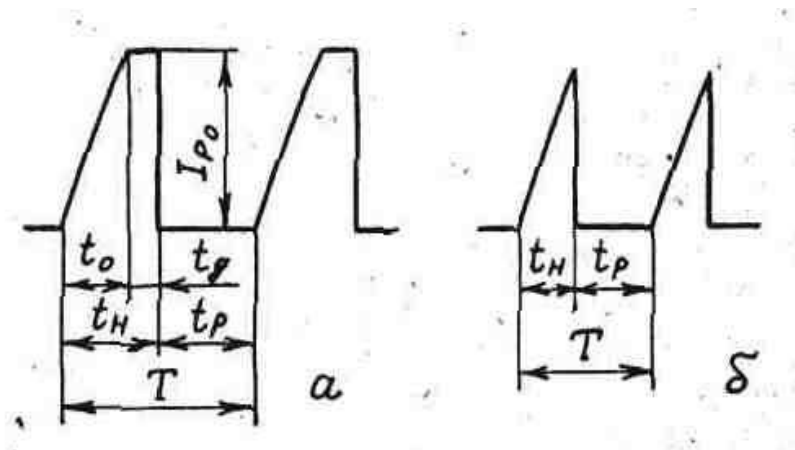
R_{vd} - динамічний опір діода (визначається по вольтамперній характеристиці діода);

R_u - опір індикаторного резистора в блоці обмеження струму електронного комутатора;

$$a = 120 \tau_3 R_1 / (i_u n_{gs} L_1)$$

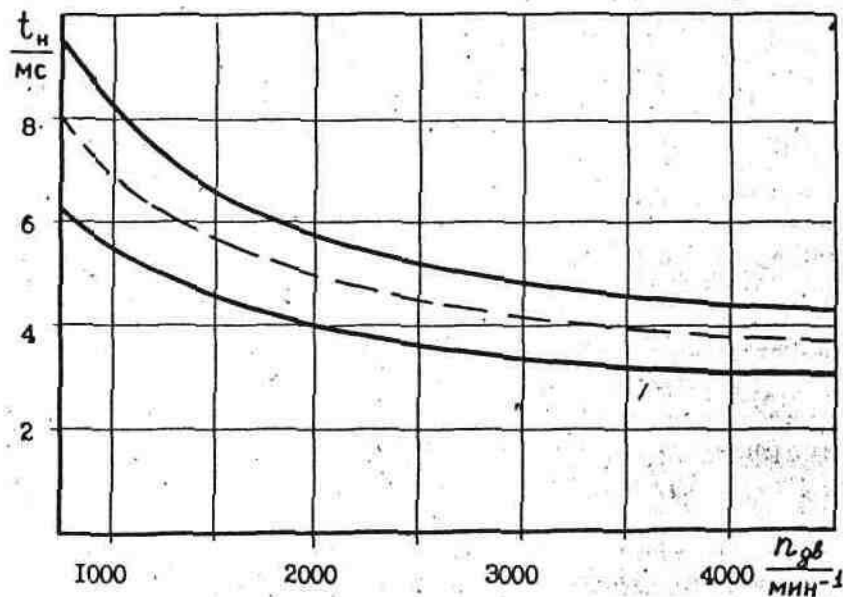
L_1 - індуктивність первинної обмотки котушки **запалення**. У електронних системах запалення з обмеженням первинного струму необхідно визначити час - t_0 , після закінчення якого досягається заданий рівень обмеження струму I_{p0} (мал.2.1додаток.2)

$$I_{p0} = \frac{U_{\delta} - \Delta U_{\kappa}}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_1 t_0}{L_1}} \right)$$



Малюнок 2.1 Осцилограми первинного струму електронної системи запалення:

$$a - t_0 < t_n; \quad б - t_0 > t_n$$



Малюнок 2.2. Закон регулювання часу накопичення енергії
у котушці запалення для електронного комутатора
36.3734

Звідки –

$$t_0 = \frac{L_1 \lg \left(1 - \frac{I_{p0} R_1}{U_{\phi} - \Delta U_{\kappa}} \right)}{R_1}$$

Для електронних систем запалення з обмеженням первинного струму і нормованим часом накопичення енергії в котушці запалення значення споживаного струму, що діє, визначається таким чином:

а/ для частот обертання колінчастого валу двигуна, при яких дотримується умова $t_0 < t_n$, використовується

вираз:

$$I_g = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{t_0} i_1^2 dt} + I_{p0} \sqrt{\frac{t_n - t_0}{T}} = \frac{U_{\phi} - \Delta U_{\kappa}}{R_1} \sqrt{\frac{i_y n_{g6}}{120} \left[t_0 - \frac{\tau}{2} \left(e^{-\frac{t_0}{\tau}} - 1 \right) \left(e^{-\frac{t_0}{\tau}} - 3 \right) \right]} + I_{p0} \sqrt{\frac{i_y n_{g6} (t_n - t_0)}{120}}$$

де $\tau = L_1 / R_1$ - постійна часу первинного ланцюга;

для частот обертання колінчастого валу двигуна, при яких струм розриву не досягає рівня обмеження I_{po} , т.е. коли $t_0 > t_n$, використовується формула

(2.2; дод. 2.)

Закон регулювання часу накопичення енергії в котушці запалення $t_n(n_{ge})$ для електронного коммутатора 36.3734 представлений на малюнку 2.2 прил. 2.

Для електронного комутатора 3620.3734 нормується відносний час, протягом якого обмежується первинний струм на рівні 7,5...8,5 А. (см. рис. 2.1 дод. 2;)

$$t_g / T - 0,02...0,15.$$

Для робочого діапазону частоти обертання колінчастого валу двигуна, використовуючи формулу (2.2) дод. 2 або (2.4; дод. 2,) розраховують значення споживаного системою запалення струму, що діють, і будують залежність $I_g(n_{ge})$. На одному графіку суміщають залежність $I_g(n_{ge})$ - гістограмою розподілу частоти обертання колінчастого валу двигуна $I_g(n_{ge})$.

Гістограма $I_g(n_{ge})$ будується на підставі інтегральної кривої розподілу швидкісного режиму роботи генератора при експлуатації автомобіля в місті див. розділи 3 и 5.

Для кожного інтервалу частоти обертання валу двигуна Δn_{ge} по залежності $I_g(n_{ge})$ визначається струм I_{gi} споживаний системою запалення, відповідній середині кожного інтервалу. Використовуючи формулу (2.1) дод. 2, знаходимо еквівалентний струм, споживаний системою запалення при експлуатації автомобіля в міських умовах.

Режим руху автомобіля по шосе характеризується вищим швидкісним режимом роботи двигуна. Отже, струм, споживаний системою запалення, при русі автомобіля по шосе буде іншим. Проте, враховуючи, що в ОСТІ 37.003.034-77 не приводяться криві швидкісного режиму роботи двигуна при русі автомобіля по

шосе, то при розрахунку навантаження для цих умов еквівалентний струм системи запалення приймається рівним струму, споживаному системою запалення при експлуатації автомобіля в місті.

Як приклад розглянемо розрахунок еквівалентного струму, споживаного контактною системою запалення двигуна ВАЗ-2106. Початковими даними є: число циліндрів двигуна $i_{\text{ц}} = 4$ кут замкнутого стану контактів переривника $\alpha_3 = 55^\circ$ - кут розімкненого стану контактів переривника $\alpha_3 = 35^\circ$ **напруга** живлення $U_{\text{с}} = 13,5\text{В}$; опір первинної обмотки котушки **запалення** $R_{\text{w1}} = 3,2\text{Ом}$

опір контактів вимикача запалення, перехідних контактів і проводів $R_{\text{н}} = 0,2\text{Ом}$ індуктивність первинної обмотки котушки запалення $L_1 = 9,5 \cdot 10^{-3}$

Відносний час замкнутого стану контактів переривника

$$\tau_3 = \alpha_3 / (\alpha_3 + \alpha_p) - 55/90 - 0,61.$$

Сумарний опір первинному ланцюгу $R_1 = R_{\text{w1}} + R_{\text{н}} = 3,2 + 0,2 = 3,4 \text{ Ом}$.

Параметра

$$a = \frac{120 * \tau_3 * R_1}{i_{\text{ц}} * L_1 * n_{\text{ге}}} = \frac{120 * 0,61 * 3,4}{4 * 9,5 * 10^{-3} n_{\text{ге}}} = \frac{6549}{n_{\text{ге}}}$$

Для чотирициліндрового двигуна $\alpha_3 + \alpha_p = 90$

Значення струму, що діє, споживаного системою запалення,

$$I_g = \frac{U_{\text{с}}}{R_1} \sqrt{\tau_3 \left[1 - \frac{1}{2a} (e^{-a} - 3)(e^{-a} - 1) \right]} = \frac{13,5}{3,4} \sqrt{0,61 \left[1 - \frac{n_{\text{ге}}}{6549} \left(e^{-\frac{6549}{n_{\text{ге}}}} - 3 \right) \left(e^{-\frac{6549}{n_{\text{ге}}}} - 1 \right) \right]} =$$

$$= 3,1 \sqrt{1 - \frac{n_{\text{ге}}}{6549} \left(e^{-\frac{6549}{n_{\text{ге}}}} - 3 \right) \left(e^{-\frac{6549}{n_{\text{ге}}}} - 1 \right)}$$

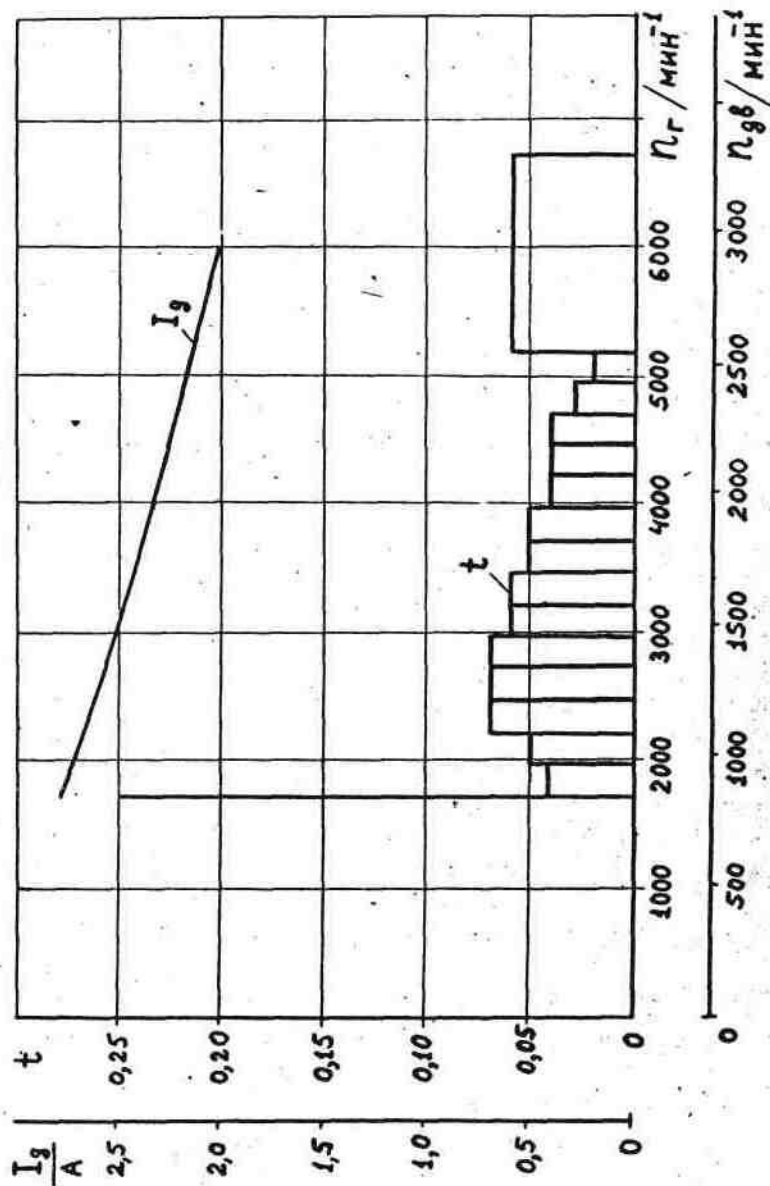
Розрахунок струму I_g ведеться для робочого діапазону частоти обертання колінчастого валу двигуна от $n_{\text{ге}} = 850 \text{ мин}^{-1}$ до $n_{\text{ге}} = 2936 \text{ мин}^{-1}$. Результати розрахунку струму I_a зведені в табл. 2.1 додаток.2. Гістограма, розподіли частоти обер-

тання колінчастого валу двигуна і залежність споживаного струму системою запалення показані на рис.2.3 прил.2. Таблиця 2.1

Результати розрахунку еквівалентного струму, споживаного системою запалення

$\Delta n_{\Gamma}, \text{мин}^{-1}$	$\Delta n_{ge}, \text{мин}^{-1}$	$\Delta n_{gвс}, \text{мин}^{-1}$	I_g, A	$\Delta t, \text{ч} / \text{ч}$	$I_g * \Delta t, A * \text{ч}$
1730	850	850	2.78	0.25	0.695
1730-1980	850-970	910	2.46	0.04	0.110
1980-2230	970-1093	1032	2.70	0.05	0.135
2230-2480	1093-1216	1154	2.65	0.07	0.186
2480-2730	1216-1338	1277	2.60	0.07	0.182
2730-2980	1338-1461	1400	2.56	0.07	0.179
2980-3230	1461-1583	1522	2.51	0.06	0.151
3230-3480	1583-1706	1645	2.46	0.06	0.148
3480-3730	1706-1820	1767	2.42	0.05	0.121
3730-3980	1820-1951	1819	2.37	0.05	0.118
3980-4230	1951-2074	2012	2.32	0.04	0.093
4230-4480	2074-2196	2135	2.28	0.04	0.091
4480-4730	2196-2319	2257	2.24	0.04	0.090
4730-4950	2319-1441	2380	2.19	0.03	0.066
4950-5230	2441-2564	2502	2.15	0.02	0.043
5230-6750	2564-3309	2936	2.01	0.06	0.121
				1.00	2.529

Еквівалентний струм, споживаний системою **запалення**, визначається підсумовуванням чисел шостої графі табл.2.1 додаток.2



Малюнок 2.3 Залежність струму споживаної системи запалювання від частоти обертання колінчатого вала двигуна та гістограма розподільника частоти обертання вала двигуна.

ДОДАТОК 3

Розрахунок статичного радіуса ведучих коліс із урахуванням зминання шин

Розрахунок ведеться за формулою

$$R_k = 0,96(H + d / 2) ,$$

де H - висота профілю шини, мм;

d - посадковий діаметр шини, мм;

0,96 - коефіцієнт зминання шини.

Для звичайних шин приймається, що висота H і ширина B профілю шини однакові. Розміри B і d шини зазначені в її маркуванні.

Як приклад розглянемо визначення радіуса коліс автомобілів ВАЗ, на яких застосовуються низькопрофільні шини, наприклад 175/70R13.

З позначення шини визначаємо:

ширину профілю $B = 175$ мм;

індекс серії шини (70%), що характеризує відношення $H/B=0,7$;

посадковий діаметр шини (R13) $d = 13$ дюймів.

По параметрах шини, зазначеним у її маркуванні, знаходимо висоту профілю

$$H = 0,7 \cdot B = 0,7 \cdot 175 = 122,5 \text{ мм};$$

посадковий діаметр в мм

$$d = 25,4 \cdot 13 = 330,2 \text{ мм}$$

Тоді статичний радіус коліс із урахуванням зминання шин

$$R_k = 0.96 \cdot (122,5 + 330,2 / 2) = 276 \text{ мм}.$$

ДОДАТОК 4

Розрахунок витрати ємності акумуляторної батареї на живлення передпускового підігрівача

Кількість електрики, яку витрачає батарея на прогрівання двигуна із застосуванням передпускового підігрівника, визначається за формулою

$$Q_o = \frac{I_{cv} \cdot t_{cv} + I_e \cdot t_e}{3600}$$

де I_{cv} - струм, який споживає свіча розжарювання, А;

t_{cv} - час роботи свічі, с;

I_e - струм, який споживають електромагнітний клапан та електродвигун, А;

t_e - час роботи електромагнітного клапана й електродвигуна, с.

Наприклад, для передпускового підігрівача П16 (свіча розжарювання СР65-А1, електродвигун вентилятора МЕ202, паливний електромагнітний клапан П16-Ю15500-Б [7]) маємо

$$Q_o = \frac{18 \cdot 120 + 3,7 \cdot 1800}{3600} = 2,45 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

ДОДАТОК 5

Розрахунок балансу електроенергії на автомобілі ВАЗ-2106

(приклад)

ЗМІСТ

ВСТУП

1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ

2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІД СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

3 ПЕВІРКА ПРАВИЛЬНОСТІ ВИБОРУ ПОТУЖНОСТІ ГЕНЕРАТОРА

4 СПОЛУЧЕННЯ КРИВОЇ ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ГЕНЕРАТОРА З ЙОГО СТРУМОШВИДКІСНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ

5 ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК БАЛАНСУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ І ЙОГО ОЦІНКА

ВИСНОВОК

ЛІТЕРАТУРА

ВСТУП

В 1970 році на дорогах нашої країни з'явилися нові малолітражні легкові автомобілі ВАЗ. Волжського автомобільного заводу. Кузова автомобілів ВАЗ типу «седан» та «універсал».

Автомобіль ВАЗ це базовий легковий автомобіль сімейства автомобілів «Жигулі». ВАЗ-2106 відрізняється раціональним і вдалим компонованням, простою конструкцією вузлів і агрегатів, надійністю й довговічністю роботи. При невеликих габаритах і масі, він має просторий салон і місткий багажник, двигун з робочим об'ємом - 1,3 -1,6л.

Курсовий проект присвячено розрахунку балансу електроенергії на автомобілі ВАЗ-2106 при різних погодних умовах.

1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ

По опису автомобіля ВАЗ-2106 [8] і довідниках (3,4) визначаються наступні вихідні дані, необхідні для розрахунку балансу електроенергії:

тип генератора Г221;

параметри струмошвидкісної характеристики генератора:

частота обертання ротора початку віддачі $n_b = 1150$ хв;

частота обертання ротора в розрахунковому режимі $n_p = 2500$ хв;

струм віддачі в розрахунковому режимі $I_p = 30$ А;

максимальний струм віддачі $I_{\text{гmax}} = 42$ А;

передаточне число привода генератора $i_g = 2,04$;

тип регулятора напруги РР380;

тип акумуляторної батареї 6СТ-55;

номінальна ємність батареї $C_{20} = 55$ А·ч;

передаточне число коробки зміни передач на вищій передачі $i_{\text{кп}} = 1,0$;

передаточне число головної передачі $i_{\text{зм}} = 4,1$;

статичний радіус коліс із урахуванням зминання шин $R_k = 276$ мм (Див. додаток 2);

частота обертання колінчастого вала двигуна в режимі холостого ходу $n_{\text{двх}} = 850$ хв⁻¹;

дані для розрахунку еквівалентного струму, який споживає система запалювання (для всіх автомобілів струм становить $I_{\text{сзх}} \approx 2,78$ А)

Перелік споживачів електричної енергії на автомобілі ВАЗ-2106 і їхні номінальні струми наведені в табл. 2.1 додатка 5.

2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІД СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Розрахунковий струм навантаження визначається підсумовуванням еквівалентних струмів одночасно працюючих споживачів у розглянутому режимі роботи автомобіля

$$I_H = \sum I_{екв} = \sum I_{спож} \cdot K_t \cdot K_H$$

Значення еквівалентних струмів споживачів $I_{екв}$ наведені в табл. 2.1 додатка 5.

Розрахункове навантаження від споживачів електроенергії визначається для трьох типових режимів роботи автомобіля взимку:

- а) місто, ніч $I_{нмн}$;
- б) місто, день $I_{нмд}$;
- в) шосе, ніч $I_{ншн}$;

При руху автомобіля взимку в місті вночі працюють наступні споживачі: фари в режимі ближнього світла, покажчики повороту, габаритні вогні, стоп-сигнал, ліхтарі освітлення номерного знака, лампи освітлення приладів, бічний повторювач покажчика повороту, прилади, електромагнітний клапан ЕПХХ, електродвигуни вентилятора,

Таблиця 2.1

Споживачі електричної енергії автомобіля ВАЗ-2106 і їх еквівалентні струми

Споживачі електроенергії автомобіля	Тип приладу	Кількість	U, В	Р, Вт	I _{спож} , А	K _t · K _H		I _{екв} · А	
						г	ш	г	ш
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фара внутрішня дальнього світла	ФГ146-П	2	14,0	55	3,9	-	1,0	-	7,9
	ФГ146-Л А12-45+40								
Фара зовнішня: ближнє світло;	ФГ146-П		14,0	49	3,5	1,0	-	7,0	-

додаткове дальнє світло	<u>ФГ146-Л</u> А12-45+40	2	14,0	55	3,9	-	1,0	-	7,8
Контрольна лампа дальнього світла	АМН12-3	1	13,5	3	0,22	-	1,0	-	0,22
Ліхтар передній: показчик повороту; габаритний вогонь	<u>ПФ145-П</u> <u>ПФ145-Л</u> А12-21-3, А12-5	2	13,5 13,5	25 5	1,85 0,37	0,15 1,0	0,1 1,0	0,28 0,74	0,18 0,74
Ліхтар задній: показчик повороту; габаритний вогонь; сигнал гальмування	2106-3716010, <u>2106-3716011</u> А12-21-3 А12-5, А12-21-3	2	13,5 13,5 13,5	25 5 25	1,85 0,37 1,85	0,15 1,0 0,15	0,1 1,0 0,05	0,28 0,74 0,56	0,18 0,74 0,18
Ліхтар освітлення номерного знака	<u>П.3717,</u> <u>Ш.3717</u> А12-5	2	13,5	5	0,37	1,0	1,0	0,74	0,74
Контрольна лампа ввімкнення габаритних вогнів	АМН12-3	1	13,5	3	0,22	1,0	1,0	0,22	0,22
Лампи освітлення приладів	АМН12-3	6	13,5	3	0,22	1,0	1,0	1,32	1,32
Лампа контрольна реле-переривача показчика повороту	АМН12-3	1	13,5	3	0,22	0,15	0,1	0,03	0,02
Бічний повторювач показчика повороту	<u>ІЗ.3726</u> А12-4	2	13,5	4	0,3	0,15	0,1	0,04	0,03
Живлення приладів	-	-	13,5	-	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5
Електромагнітний клапан ЕПХХ	2103-1107420	1	12,0	-	0,37	0,75	0,9	0,28	0,33
Електродвигун вентилятора системи охолодження	МЕ272	1	12,0	110	14,0	0,15	0,1	2,1	1,4
Електродвигун	МЕ255	1	12,0	20	5,0	1,0	1,0	5,0	5,0

опалювача									
Склоочисник	<u>СЛ193-100</u> МЭ241	1	12,0	6	3,5	0,2	0,2	0,7	0,7
Склоомивач	<u>П.5208</u> МЕ268	1	12,0	10	3,5	0,05	0,05	0,18	0,18
Радіоприймач	А-271	1	13,2	10	0,76	0,6	0,8	0,46	0,61
Запалювання	-	-	13,5	-	2,5 ^{х)}	1,0	1,0	2,5	2,5

опалювача, склоочисника й склоомивача, радіоприймач, запалювання, контрольні лампи включення габаритних вогнів і показчика повороту.

Тоді струм навантаження в режимі зима місто ніч

$$I_{\text{нмн}} = 7,0 + 0,28 + 0,74 + 0,28 + 0,74 + 0,56 + 0,74 + 0,22 + 1,32 + 0,03 + 0,04 + 0,5 + 0,28 + 2,1 + 5,0 + 0,7 + 0,18 + 0,46 + 2,5 = 23,67 \text{ А.}$$

При руху автомобіля взимку в місті вдень працюють наступні споживачі: показчики повороту, стоп-сигнал, бічний повторювач показчика повороту, контрольна лампа реле-переривача показчика повороту, прилади, електромагнітний клапан ЕПХХ, електродвигуни вентилятора, опалювача, склоочисника й склоомивача, радіоприймач, запалювання.

Тоді струм навантаження в режимі зима місто день

$$I_{\text{нмд}} = 0,28 + 0,28 + 0,56 + 0,03 + 0,04 + 0,5 + 0,28 + 2,1 + 5,0 + 0,7 + 0,18 + 0,46 + 2,5 = 12,91 \text{ А.}$$

При руху автомобіля по шосе вночі працюють наступні споживачі: фари в режимі дальнього світла, показчики повороту, габаритні вогні, ліхтарі освітлення номерного знака, лампи освітлення приладів, бічний повторювач показчика повороту, прилади, контрольні лампи включення дальнього світла фар, габаритних вогнів і показчика повороту, електромагнітний клапан ЕПХХ, електродвигуни вентилятора, опалювача, склоочисника й склоомивача, радіоприймач, запалювання.

Тоді струм навантаження в режимі зима шосе ніч

$$I_{\text{ншн}} = 7,8 + 7,8 + 0,22 + 0,18 + 0,74 + 0,18 + 0,74 + 0,18 + 0,74 + 0,22 + 1,32 + 0,02 + 0,03 + 0,5 + 0,33 + 1,4 + 5,0 + 0,7 + 0,18 + 0,61 + 2,5 = 31,39 \text{ А.}$$

^{х)} Див. додаток 2

3 ПЕВІРКА ПРАВИЛЬНОСТІ ВИБОРУ ПОТУЖНОСТІ ГЕНЕРАТОРА

Режим руху автомобіля взимку по шосе вночі є режимом максимального електричного навантаження, для якого розрахунковий струм $I_{\text{ншн}} = 31,39 \text{ А}$.

Потрібний максимальний струм генератора, необхідний для забезпечення сталого зарядного балансу в даному режимі

$$I_{\text{Гмак}} = 1,15 \cdot I_{\text{ншн}} = 1,15 \cdot 31,39 = 36 \text{ А}.$$

Мінімальна необхідна потужність генератора

$$P_{\text{Гмин}} = U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{Гмак}} = 14 \cdot 36 = 504 \text{ Вт}.$$

Потужність штатного генератора Г221 автомобіля ВАЗ-2106 становить $P_{\text{Г}} = 600 \text{ Вт}$, тобто $P_{\text{Гмин}} < P_{\text{Г}}$ ($504 \text{ Вт} < 600 \text{ Вт}$).

4 СПОЛУЧЕННЯ КРИВОЇ ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ГЕНЕРАТОРА З ЙОГО СТРУМОШВИДКІСНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ

Для автомобіля ВАЗ-2106 по ОСТ 37.003.034.-77 [2] вибираємо типову криву швидкісного режиму генератора (мал. 3.2 в розділі ШВИДКІСТНИЙ РЕЖИМ РОБОТИ ГЕНЕРАТОРА) , що відповідає мікро- і малолітражним легковим автомобілям.

Фактичний коефіцієнт оборотності генератора Г221, що встановлюється на автомобілі ВАЗ-2106

$$K_{\mathcal{Z}} = 2660 \frac{i_{\mathcal{Z}} \cdot i_{\kappa n} \cdot i_{3M}}{R^{\kappa}} = 2660 \frac{2,04 \cdot 1 \cdot 4,1}{276} = 81$$

Типова інтегральна крива швидкісного режиму перераховується на фактичний коефіцієнт оборотності генератора:

$$n_{\Gamma} = n'_{\Gamma} \cdot \frac{K_{\Gamma}}{60} = n'_{\Gamma} \cdot \frac{81}{60} = 1,35 \cdot n'_{\Gamma}.$$

Уточнюється частота обертання ротора генератора в режимі холостого ходу двигуна:

$$n_{\Gamma x} = n'_{\partial \partial x} \cdot i_{\Gamma} = 850 \cdot 2,0 = 1730 \text{ хв}^{-1}.$$

Результати перерахування кривої швидкісного режиму роботи генератора зведені в табл.4.1 дод.5.

Таблиця 4.1

Результати перерахування кривої швидкісного режиму роботи генератора Г221

T	год/год	0,25	0,30	0,38	0,47	0,64	0,78	0,88	0,95	1,00
n'_{Γ}	хв ⁻¹	1250	1500	1750	2000	2500	3000	3500	4000	5000
n_{Γ}	хв ⁻¹	1688	2025	2362	2700	3375	4050	4725	5400	6750

Використовуючи паспортні дані генератора Г221, розраховуємо його струмошвидкісну характеристику

$$\tau = \frac{n_o - n_p}{\ln(1 - \frac{I_p}{I_{Гmax}})} = \frac{1150 - 2500}{\ln(1 - \frac{30}{42})} = 1078,$$

$$I_{Г} = I_{Гmax} (1 - e^{\frac{n_0 - n_{Г}}{\tau}}) = 42 (1 - e^{\frac{1150 - n_{Г}}{1078}}).$$

Результати розрахунку струмошвидкісної характеристики генератора Г221 наведені в табл.4.2 дод.5.

Таблиця 4.2

Результати розрахунку струмошвидкісної характеристики генератора Г221

$n_{Г},$ $хв^{-1}$	1150	1250	1500	1750	2000	2500	3000	4000	5000	6000	7000
$I_{Г}$	0	3,7	11	17,9	22,9	30,0	34,4	39,0	40,8	41,5	41,8

На мал. 4.1 дод.5 проведене суміщення струмошвидкісної характеристики з інтегральною кривою швидкісного режиму генератора Г221 при його роботі на автомобілі ВА3-2106. Робочий діапазон частоти обертання ротора генератора від $n_{Гх} = 1730 \text{ хв}^{-1}$ до $n_{Г} = 6750 \text{ хв}^{-1}$ розбитий на інтервали шириною 250 хв^{-1} . Для кожного інтервалу частоти обертання $\Delta n_{Гх}$; по інтегральній кривій швидкісного режиму графічно визначається відносний час роботи генератора в кожному інтервалі Δt_i , а по струмошвидкісній характеристиці - середня величина струму генератора $I_{Гср}$, що відповідає середині кожного інтервалу $\Delta n_{Гi}$.

Результати суміщення кривої швидкісного режиму роботи генератора Г221 з його струмошвидкісною характеристикою наведені в табл.4.3 дод.5.

Таблиця 4.3

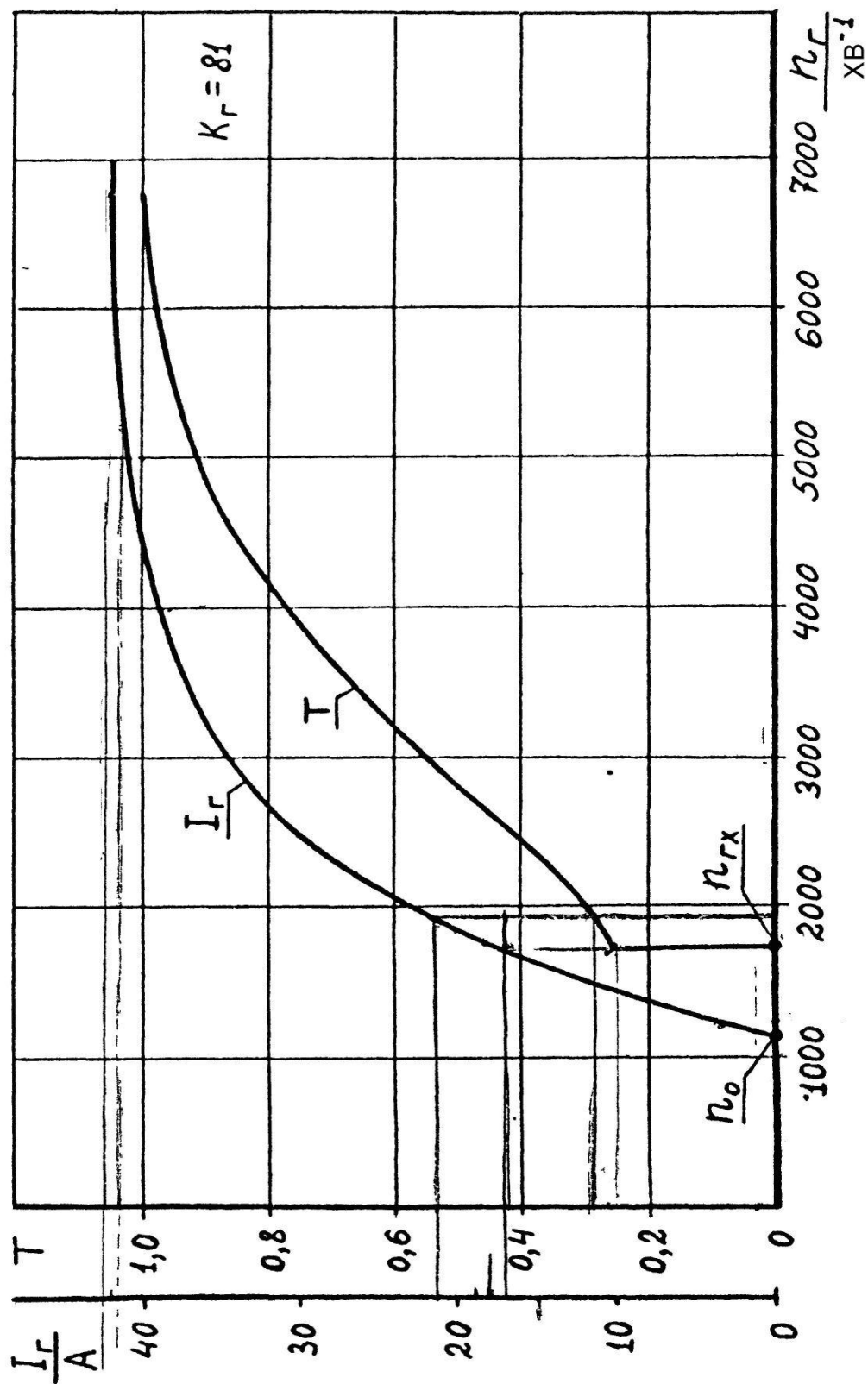
Результати розрахунку годинної віддачі генератора Г221

$\Delta n_{Гх}, \text{ хв}^{-1}$	$\Delta t, \text{ год/год}$	$I_{Гср}, \text{ А}$	$I_{Гср} \cdot \Delta t, \text{ А} \cdot \text{ год/год}$
1730	0,25	17,5	4,38

1730-1980	0,04	20,2	0,81
1980-2230	0,05	24,7	1,24
2230-2480	0,07	28,3	1,98
2480-2730	0,07	31,3	2,19
2730-2980	0,07	33,4	2,34
2980-3230	0,06	35,2	2,11
3230-3480	0,06	36,5	2,19
3480-3730	0,05	37,7	1,88
3730-3980	0,05	38,5	1,92
3980-4230	0,04	39,3	1,57
4230-4480	0,04	39,8	1,59
4480-4730	0,04	40,3	1,61
4730-4980	0,03	40,6	1,22
4980-5230	0,02	40,9	0,82
5230-6750	0,06	41,5	2,49
	1,00		30,34

Годинна віддача генератора

$$q_{\Gamma} = \sum_{i=1}^m I_{\Gamma cpi} \cdot \Delta t_i = 30,34 \text{ А} \cdot \text{год/год.}$$



Малюнок 4.1 Суміщення інтегральної кривої швидкісного режиму роботи генератора з його струмошвидкісною характеристикою

5 ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК БАЛАНСУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ І ЙОГО ОЦІНКА

Для випадку $p_0 < p_{ГХ}$ кількість електрики, необхідна для живлення споживачів протягом однієї години, ввімкнених на автомобілі при його руху взимку в місті:

а) удень $q_{пд} = I_{нмд} = 12,91 \text{ А} \cdot \text{год}/\text{год}$;

б) уночі $q_{пн} = I_{нмн} = 23,67 \text{ А} \cdot \text{год}/\text{год}$.

Годинний заряд або розряд акумуляторної батареї при експлуатації автомобіля взимку в місті:

а) удень $q_{бд} = q_{Г} - q_{нд} = 30,34 - 12,91 = 17,43 \text{ А} \cdot \text{год}/\text{год}$;

б) уночі $q_{бн} = q_{Г} - q_{пн} = 30,34 - 23,67 = 6,67 \text{ А} \cdot \text{год}/\text{год}$.

Так як $q_{бд} > 0$ і $q_{бн} > 0$, має місце позитивний годинний баланс електроенергії.

Добовий баланс електроенергії на автомобілі

$$Q_{доб} = q_{пн} \cdot t_{д} + q_{бн} \cdot t_{н} - Q_{ст} - Q_0 = 17,43 \cdot 5 + 6,67 \cdot 5 - 1,65 - 0 = 119 \text{ А} \cdot \text{год},$$

де $t_{д}$, $t_{н}$ число годин руху автомобіля за добу відповідно при денній і нічній експлуатації {для зимової експлуатації приймаємо $t_{д} = t_{н} = 5 \text{ год}$ };

$Q_{ст}$ - витрата ємності батареї на пуски двигуна за добу

$$Q_{ст} = 0,03 \cdot C_{20} = 0,03 \cdot 55 = 1,65 \text{ А} \cdot \text{год};$$

Q_0 - витрата ємності батареї на споживачі, що включаються на стоянках з непрацюючим двигуном (приймаємо $Q_0 = 0$).

Проведемо оцінку балансу електроенергії на автомобілі ВАЗ-2106.

Добовий баланс електроенергії на автомобілі позитивний, тому що $Q_{доб} = 119 \text{ А} \cdot \text{год} > 0$.

Відносний годинний заряд батареї при експлуатації автомобіля взимку вночі в місті

$$q_{бн\%} = \frac{q_{бн} \cdot 100}{C_{20}} = \frac{6,67 \cdot 100}{55} = 12\% > -5\%$$

При експлуатації автомобіля ВАЗ-2106 узимку вночі в місті акумуляторна батарея 6СТ-55 не розряджається, що відповідає вимозі ОСТ 37.003.034-77.

Струм віддачі генератора при частоті обертання колінчастого валу двигуна на холостому ходу становить $I_{ГХ} = 17,5 \text{ А}$ (див. мал. 5.1 дод.5 і табл. 5.4 дод.5). Для малолітражних легкових автомобілів рекомендується, щоб у режимі холостого ходу двигуна генератор забезпечував живлення системи запалювання, приладів і габаритних ліхтарів, тобто $I_{ГХ} \geq I_{сх}$.

Сумарна величина струму зазначених споживачів

$$I_{сх} = I_{сзх}^{X)} + I_{квп}^{xx)} + I_{го} = 2,78 + 0,5 + 1,7 \approx 5 \text{ А}$$

У режимі холостого ходу двигуна генератор Г221 забезпечує живлення системи запалювання, приладів і габаритних ліхтарів, тому що $I_{ГХ} = 17,5 \text{ А} > I_{сх} = 5 \text{ А}$.

^{X)} див дод.2 табл 2.1

^{xx)} див. Дод 5 табл 5.1

ВИСНОВОК

Перевірочний розрахунок балансу електроенергії на автомобілі ВАЗ-2106 показав, що система електропостачання, що складається з генератора Г221, регулятора напруги РР380 і акумуляторної батареї 6СТ-55, повністю задовольняє вимогам ОСТ 37.003.034-77

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 3940-84. Электрооборудование автотракторное. Общие технические условия. М.: Издательство стандартов, 1989. 35 с,
2. ОСТ 37.003.034-77. Баланс электроэнергии автомобилей и автобусов. Метод расчета, критерии оценки. М., МАП СССР, 1978, 21 с.
3. Автотракторное электрооборудование: Номенклатурный каталог. М., ЦНИИТЭИавтопром, 1989. 135с.
4. Электрооборудование автомобилей: Справочник/ Под ред. Ю.П.Чижкова. М.: Транспорт, 1993. 223 с.
5. Скобелев В.Н. Световые приборы автомобилей и тракторов. М.: Энергоиздат, 1981. 280 с.
6. Крупинин И.Т. Автомобильные, радиоприемники: Справочник. М.: Энергия, 1978. 176 с.
7. Отопительные и вентиляционные устройства: Отраслевой каталог. М., ЦНИИТЭИавтопром, 1987. 64 с.
8. Литвиненко В.В. Электрооборудование автомобилей ВАЗ. М.: Патриот, 1990. 207 с.