

ЛЕКЦІЯ № 5. АВТОМОБІЛЬНІ ГЕНЕРАТОРИ

Призначення, будова, принцип дії

Генератор – основне джерело електроенергії на автомобілі, що забезпечує живлення споживачів та заряджання акумуляторної батареї під час роботи двигуна.

Регулятор напруги - пристрій, що підтримує напругу бортової мережі автомобіля в заданих межах при зміні електричного навантаження, частоти обертання ротора генератора і температури навколишнього середовища.

Під терміном *генераторна установка* розуміють комплекс елементів енергопостачання автомобіля, що складається з вентильного генератора обладнаного регулятором напруги.

Будова

На сьогодні поширені два типи генераторів змінного струму: з *контактними кільцями й щітками* і *безконтактні індукторні*.

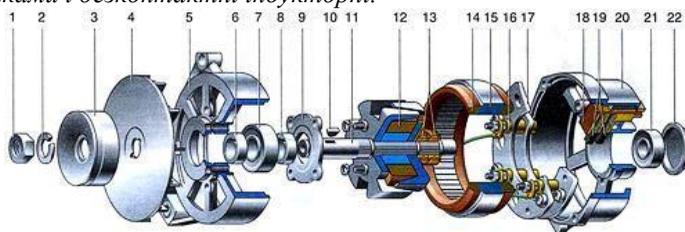


Рис.1.1. Генератор змінного струму: 1 - гайка шківів; 2 - шайба; 3 - шків; 4- крильчатка; 5 - передня кришка, 6, 8 - дистанційні втулки; 7- передній підшипник; 9- шайба; 10 - шпонка; 11 - вал ротора; 12 - ротор; 13 - контактні кільця; 14 - обмотка статора; 15 - статор; 16 - ізоляційна втулка діода випрямного блоку; 17 - пластина випрямного блоку; 18 - щітковий вузол; 19 - щітки; 20 - корпус регулятора напруги і щіткового вузла; 21 - задній підшипник; 22 - кришка заднього підшипника.

Найбільшого розповсюдження набули так звані вентильні генератори змінного струму з випрямлячем та інтегральним регулятором напруги (рис. 1.1).

Вентильний генератор – трифазна синхронна електрична машина змінного струму з електромагнітним збудженням, з вбудованим випрямлячем на кремнієвих діодах і електронним регулятором напруги. Статор (рис. 1.2) з кришками формує корпус генератора. Ротор генератора (рис. 1.3) приводиться в обертання клиновим пасом від шківів колінчастого валу двигуна.

У сучасних автомобілях застосовують регулятори напруги, які поділяють на *контактно-вібраційні* (одно- або двоступеневі), *контактно-транзисторні*, *безконтактні транзисторні* та *інтегральні*. Останні як правило об'єднані разом зі щітковим вузлом (рис.1.4)

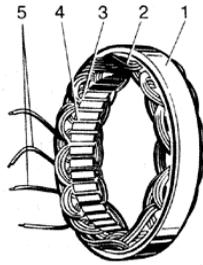


Рис.1.2. Статор генератора: 1 - осердя, 2 - обмотка, 3 - пазовий клин, 4 - паз, 5 - вивід для з'єднання з випрямлячем

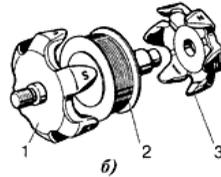
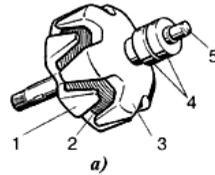


Рис.1.3. Ротор автомобільного генератора: а - в зборі; б - полюсна система в розібраному вигляді; 1,3 - полюсні половини; 2 - обмотка збудження; 4 - контактні кільця; 5 - вал

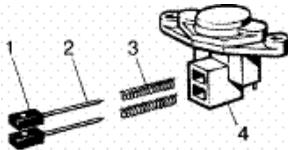


Рис. 1.4. Будова комплексу регулятор напруги – щітковий вузол: 1 – щітки; 2 – струмопровідні повідки; 3 – пружини щіток; 4 – корпус

Контактно-вібраційні регулятори, маючи термін служби 120-150 тис. км пробігу автомобіля, поступаються інтегральним і безконтактним, у яких цей показник становить 200-300 тис. км. Безконтактні транзисторні та інтегральні регулятори не містять рухомих частин, контактних поверхонь і пружин, а тому вимагають мінімум обслуговування в процесі експлуатації та мінімальні габарити. Для прикладу на рисунку ?? наведені різні виконання регуляторів напруги.

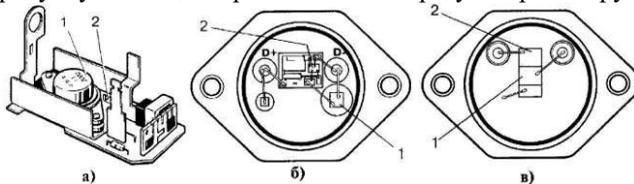


Рис. 1.5. Регулятори напруги фірми Bosch різного виконання: а - на дискретних елементах; б – гібридний монтаж; в - схема на монокристалі кремнію; 1 - силовий вихідний каскад, 2 - схема керування

Принцип дії генератора змінного струму ґрунтується на явищах електромагнітної індукції. Магнітний потік у генераторі (рис. 1.6) створюється обмоткою збудження під час протікання в ній постійного електричного струму.

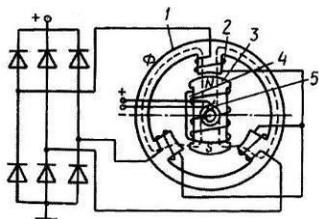


Рис. 1.6. Схема автомобільного генератора змінного струму:
1 – статор; 2 – обмотка статора;
3 – полюс ротора; 4 – обмотка збудження; 5 – щітки

Магнітний потік із полюса S, перетинаючи повітряний зазор, пронизує зубець ротора, статор і, вдруге перетинаючи повітряний зазор, досягає полюса N. Цей шлях на рис. 2.1 позначено штриховою лінією. Під час обертання ротора під кожним зубцем статора проходить навперемінно то північний, то південний полюс ротора. Магнітний потік протікає через зубці статора, змінюється за величиною й напрямом і перетинає провідники трифазної обмотки, закладеної в пази між зубцями, витках якої індукуються змінний струм.

Обмотка статора генераторів закордонних і вітчизняних – трифазна. Вона складається з трьох частин, званих обмотками фаз або просто фазами, напруга і струми в яких зміщені один щодо одного на третину періоду, тобто на 120 електричних градусів, як це показано на рисунку 1.1. Фази можуть з'єднуватися в "зірку" або "трикутник". При цьому розрізняють фазні і лінійні напруги і струми. Фазні напруги $U_{\phi(ABC)}$ діють між кінцями обмоток фаз. Фазні струми I_{ϕ} протікають в цих обмотках, лінійні ж напруги U_L діють між провідниками, що сполучають обмотку статора з випрямлячем. У цих провідниках протікають лінійні струми I_L . Природно, що випрямляч випрямляє ті величини, які до нього підводяться, тобто лінійні.

Змінний струм генератора перетворюється на постійний за допомогою випрямляча, який має шість діодів (рис. 1.7, а), що створюють трифазну мостову схему. Перша група – це діоди VD1, VD3 і VD5, катоди яких з'єднані між собою, створюють позитивний полюс випрямленої напруги, друга група – діоди VD2, VD4 і VD6, аноди яких з'єднані між собою, створюють негативний полюс випрямленої напруги.

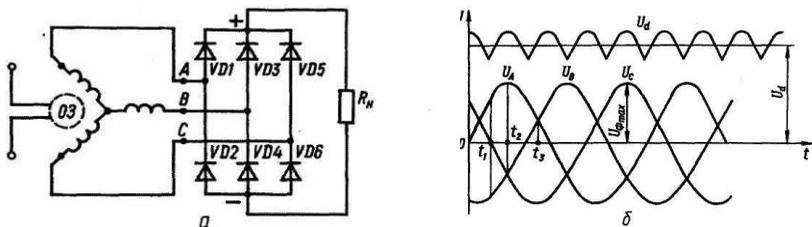


Рис. 1.7. Трифазний випрямляч генератора: а – схема генераторної установки; б – графік зміни напруги щодо часу

У кожний момент часу працюють два діоди – по одному з кожної групи. В першій групі струм проводить той діод, анод якого перебуває під найбільшим потенціалом; у другій групі струм проводить діод, катод якого перебуває під найменшим потенціалом.

Наприклад, в інтервалі часу $t_1...t_2$ струм протікає від фази A до фази B через діод $VD1$, що має найбільший потенціал аноду в першій групі, навантаження R_H та діод $VD4$, який має найменший потенціал у другій групі. В момент t_2 замість діода $VD4$ починає працювати діод $VD6$, а діод $VD1$ проводить струм ще $1/6$ періоду до моменту t_3 , потім на заміну діода $VD1$ приступає до роботи діод $VD3$. Отже, кожний діод пропускає струм протягом однієї третини періоду.

Трифазна мостова схема випрямлення струму забезпечує відносно невеликі пульсації випрямлення напруги. Так, випрямлена напруга визначається координатами між верхніми та нижніми дугами фазних напруг U_A , U_B та U_C (рис. 1.7, б). Тому випрямлена напруга – U_d пульсуюча, і частота пульсації в 6 разів більша, ніж частота змінної напруги, тобто

$$f_n = 6f = (6pn)/60 = 0,1 pn,$$

де f_n, f – частота пульсацій та частота змінної напруги

p – кількість пар полюсів

n – частота обертання ротора генератора,

Частота змінної напруги f залежить від частоти обертання ротора генератора n і числа його пар полюсів p :

$$f = pn/60$$

Генератори закордонних фірм, також як і вітчизняні, мають шість "південних" і шість "північних" полюсів в магнітній системі ротора. В цьому випадку частота f в 10 разів менше частоти обертання ротора генератора.

Принцип дії регуляторів напруги бортової мережі в заданих межах номінальних значень, оснований на керуванні струмом збудження залежно від електричного навантаження, частоти обертання ротора генератора і температури навколишнього середовища.

Автомобільний генератор працює в специфічних умовах. Частота обертання двигуна безперервно змінюється. Навантаження дуже коливається залежно від кількості увімкнених споживачів. Ступінь зарядженості акумуляторної батареї змінюється в широких межах, але напруга на затискачах генератора має бути практично постійною (відхилитися від розрахункової не більш як на 3%), а акумуляторна батарея повинна заряджатися струмом, який відповідає її станіві.

Аби забезпечити постійну напругу генератора, коли частота обертання ротора змінюється, магнітний потік потрібно змінювати обернено пропорційно до частоти. Оскільки магнітний потік визначає сила струму збудження, то напругу регулюють, «закорочуючи» обмотку збудження, тобто перериваючи коло збудження або вмикаючи послідовно з обмоткою збудження додатковий опір.

Цей принцип регулювання можна реалізувати за допомогою пристроїв різних типів. У сучасних автомобілях застосовують регулятори напруги, які поділяють на *безконтактні транзисторні та інтегральні, контактні-транзисторні, контактні-вібраційні* (одно- або двоступеневі).

Контактно-вібраційні регулятори напруги складається з яра, осердя з обмоткою, якірця, контактів та пружини. Якірець притискається вгору пружиною, утримуючи в замкнутому стані контакти, котрі увімкнені послідовно з обмоткою збудження генератора (ОЗ). Паралельно контактам і послідовно з ОЗ увімкнений додатковий опір R_d .

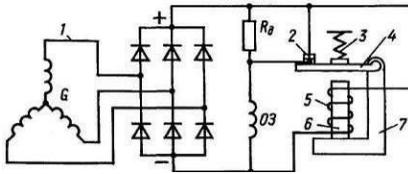


Рис. 1.8. Схема вібраційного регулятора напруги

Електромеханічні вібраційні регулятори поступились регуляторам другого покоління – контактнo-транзисторним, у яких як перемикач використовують транзистор, переходячи з положення «відкритий» на «закритий», а контакти лише керують цим транзистором.

Недоліком регуляторів контактнoго типу є нестабільність регульовальної напруги, оскільки внаслідок спрацьовування змінюються стан контактів та характеристики пружини регулятора. Тому в експлуатації контактні, вібраційні, регулятори мають періодично перевірятися.

Цього недоліку немає в електронних безконтактних регуляторах напруги. У практиці можливо зустріти безліч конструкцій цих регуляторів. Найбільш поширеними є безконтактні транзисторні регулятори напруги виконані за інтегральними схемами.

На рис. 1.9 наведено принципову схему простого транзисторного регулятора фірми «Бош». Під час запуску двигуна до емітера силового транзистора $VT2$ прикладається «+», а до бази – «-» напруги генератора. Оскільки між емітером та базою є різниця потенціалів, то транзистор відкривається, і в колі обмотки збудження протікає струм від затискача «+» через відкритий емітерно-колекторний перехід до обмотки збудження і через неї на масу. Величина струму визначається опором відкритого транзистора $VT2$ (тисячні долі Ома) та опором обмотки збудження. Під дією максимального струму збудження напруга генератора швидко зростає, при цьому одночасно зростає напруга в спільній точці подільника напруги, складеного з резисторів $R1$ та $R2$. Тут подільник напруги виконує функцію датчика, у той же час як еталонній напрузі відповідає так звана пробивна напруга стабілітрона (чутливого елемента) $VD1$. Якщо напруга в подільній точці збігається з пробивною напругою, то стабілітрон $VD1$ стає провідним. Співвідношення величин опорів $R1$ та $R2$ вибирається так, щоб при потрібній напрузі на затискачах генератора напруга в подільній точці збігалася з пробивною напругою стабілітрона. Коли через стабілітрон протікає струм, транзистор $VT1$ відкривається, оскільки починає проходити струм керування транзистором: «+» – емітер транзистора $VT1$ – база – стабілітрон $VD1$ – резистор $R2$ – маса. При відкритті транзистора $VT1$ робочий струм через нього протікає від затискача «+» – перехід емітер-колектор – резистор $R3$ – маса. При цьому база силового транзистора $VT2$ через транзистор $VT1$ вмикається до позитивного виводу генератора, завдяки чому різниця потенціалів між емітером та базою транзистора $VT2$ зникає. Транзистор $VT2$ закривається. Закритий транзистор $VT2$ розриває струм в обмотці збудження, внаслідок чого в обмотці збудження індукується ЕРС самоіндукції, полярність якої збігається з вихідною напругою. При цьому вже закритий транзистор $VT2$ зазнає запірної дії і може вийти з ладу. Виникнення ЕРС самоіндукції обов'язкове, тому слід ужити спеціальних заходів, щоб запобігти виникненню шкідливих пікових напруг. Так, у

схемі при закритому $VT2$ діод $VD2$, встановлений між колектором і масою, зазнає дії відпорної напруги і стає провідним. При цьому обмотка збудження практично замикається накоротко і створюється положення, аналогічне другому ступеню у двоступеневому вібраційному регуляторі напруги. Діод $VD2$, закритий у період протікання струму збудження, називається *захисним діодом*.

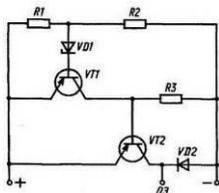


Рис. 1.9. Принципова схема безконтактного регулятора напруги фірми «Бош»

Якщо напруга між крайніми точками подільника напруги стає меншою, ніж задане значення, то стабілітрон $VD1$ закривається, при цьому транзистор $VT1$ також переходить у закритий стан, а на базу силового транзистора $VT2$ подається негативний потенціал і транзистор $VT2$ відкривається, а отже, відкривається і шлях струму до обмотки збудження.

Розглянута вище схема безконтактного регулятора напруги проста, проте вона не повністю задовольняє вимоги, що стоять перед регуляторами напруги, і була розглянута лише для пояснення принципу дії. Так, в реальних регуляторах напруги застосовуються терморезистори та термочутливі діоди для врахування впливу температури на рівень регульовальної напруги; для швидкого та повного закриття силового транзистора використовується позитивна напруга і т. д.

На рисунку 1.10 показаний вплив роботи регулятора на силу струму в обмотці збудження для двох частот обертання ротора генератора $n1$ і $n2$, причому частота обертання $n2$ більше, ніж $n1$. При більшій частоті обертання відносний час включення обмотки збудження в ланцюг живлення транзисторним регулятором напруги зменшується, середнє значення сили струму збудження зменшується, ніж і досягається стабілізація напруги.

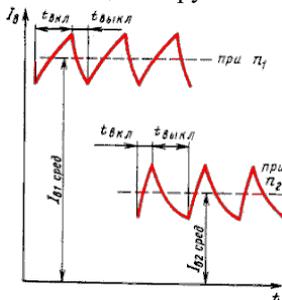


Рис. 1.10. Зміна струму в обмотці збудження за різної частоти обертання ротора $n(n2 > n1)$, $\tau_{увімк}$ і $\tau_{вимк}$ – період часу увімкненого та вимкненого стану регулятора

Із зростанням навантаження напруга зменшується, відносний час включення обмотки збільшується, середнє значення сили струму зростає таким чином, що напруга генераторної установки залишається практично незмінною.

На рисунку 1.11 представлені типові регульовальні характеристики генераторної установки, що показують, як змінюється сила струму в обмотці збудження при незмінній напрузі і зміні частоти обертання або сили струму навантаження. Нижня межа частоти перемикування регулятора складає 25-30 Гц.

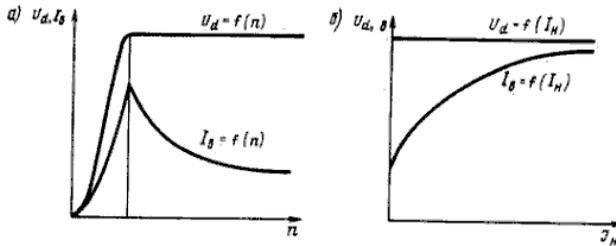


Рис. 1.11. Залежності напруги генератора і сили струму обмотки збудження від: *a* – частоти обертання *n*, *б* – сили струму навантаження

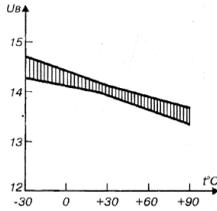


Рис. 1.12. Температурна залежність напруги, підтримуваної регулятором фірми Bosch при частоті обертання 6000 хв^{-1} і силі струму навантаження 5 А.

Акумуляторна батарея для своєї надійної роботи вимагає, щоб з пониженням температури електроліту, напруга, що підводиться до батареї від генераторної установки, дещо підвищувалася, а з підвищенням температури – зменшувалася. Для автоматизації процесу зміни рівня підтримуваної напруги на деяких автомобілях застосовується датчик, поміщений в електроліт акумуляторної батареї і включений в схему регулятора напруги. У простому ж випадку термокомпенсація в регуляторі підібрана таким чином, що залежно від температури поступаючого в генератор охолоджуючого повітря напруга генераторної установки змінюється в заданих межах.

Характеристики генераторних установок

Основними технічними характеристиками генераторів є напруга, частота обертання ротора та потужність або сила струму при заданій напрузі.

Як правило, автомобілі з бензиновими двигунами мають генератори з номінальною напругою 14 В, а автомобілі з дизельними двигунами – генератори з напругою 28 В. Електричні характеристики генераторів змінного струму характеризують їхні якості і являють собою залежність будь-якого параметра від іншого, якщо решта незмінні.

Характеристика холостого ходу (рис. 1.13) – це залежність ЕРС генератора від струму збудження $E = f(I_z)$, при $n = \text{const}$; $I_H = 0$. За цією характеристикою визначається початкова частота обертання ротора генератора, при якій напруга генератора досягає розрахункового значення.

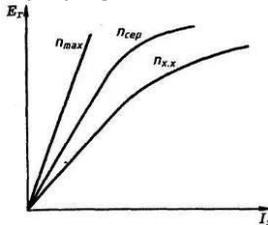


Рис. 1.13. Характеристика холостого ходу

Швидкісна характеристика – це залежність ЕРС генератора від частоти обертання його ротора (рис. 1.14). ЕРС генератора змінюється пропорційно частоті обертання ротора:

$E_T = c\Phi n$, де c – конструктивна стала величина; n – частота обертання ротора.

Напряга генератора – $U_T = E_T - I_T Z_o$, де I_T – струм генератора; Z_o – повний опір генератора.

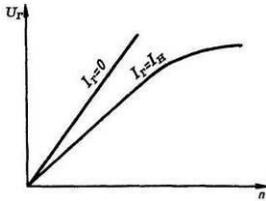


Рис. 1.14. Характеристика залежності ЕРС генератора змінного струму від числа обертів

Швидкісна регульовальна характеристика – це залежність струму збудження I_3 від частоти обертання ротора – $I_3 = f(n)$, при $U = \text{const}$ і $I_H = \text{const}$ (рис. 1.15). Оскільки автомобільним генераторам надається рух двигунами внутрішнього згоряння, то частота обертання їхніх колінчастих валів змінюється в широкому діапазоні. Швидкісна регульовальна характеристика показує, яким чином потрібно міняти струм збудження генератора, щоб напруга генератора залишалась незмінною при зміні частоти обертання ротора генератора.

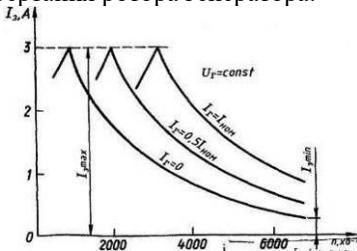


Рис. 1.15. Швидкісна регульовальна характеристика

Зовнішня характеристика (рис. 1.16) – це залежність напруги генератора від струму навантаження $U_T = f(I_H)$ при постійній частоті обертання $n = \text{const}$ і визначеному значенні струму збудження I_3 . Зниження напруги при збільшенні навантаження на генератор відбувається через спад напруги в активному та індуктивному опорі обмоток статора, розмагнічувальної дії реакції якоря, а також внаслідок спаду напруги у випрямному колі: $U_T = E_T - I_T z_o - \Delta U_B$

де z_o – повний опір якоря; ΔU_B – спад напруги на випрямлячі.

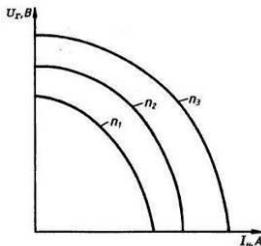


Рис. 1.16. Зовнішня характеристика генератора

Струмошвидкісна характеристика (рис. 1.17) – це залежність струму навантаження генератора I_H від частоти обертання його якоря $I_H = f(n)$ $U_T = \text{const}$.

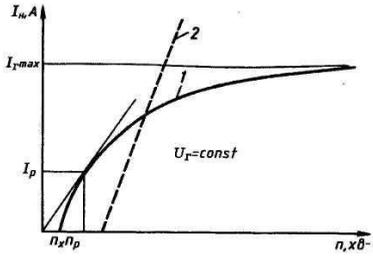


Рис. 1.17. Струмшвидкісна характеристика генераторів:
1 – змінного струму; 2 – постійного струму

Генераторам змінного струму властиві якості самообмеження максимальної сили струму навантаження, що запобігає нагріванню обмотки статора та діодів, а тому виключає потребу встановлення обмежувача струму.

Зі збільшенням сили струму навантаження збільшуватиметься магнітний потік статора, а внаслідок протидії магнітному потоку ротора (збудження) результуючий магнітний потік зменшуватиметься, що призводитиме до зниження ЕРС. Крім того, збільшення частоти обертання ротора супроводжується підвищенням частоти струму в котушках обмотки статора, що сприяє збільшенню індуктивного опору обмотки

Струм генератора змінного струму:

$$I_r = \frac{E_r}{Z_o}$$

$$Z_o = \sqrt{(R_{\bar{A}} + R_{\bar{I}})^2 + \delta_L^2}$$

де Z_o – повний опір; R_r – активний опір генератора; R_H – опір навантаження; x_L – індуктивний опір,

$$x_L = 2\pi fL = 2\pi \frac{pn}{60} L = C \frac{n}{x}$$

де f – частота струму; p – кількість пар полюсів; L – індуктивність; n – частота обертання ротора.

Тоді

$$I_{\bar{A}} = \frac{E_{\bar{A}}}{\sqrt{(R_{\bar{A}} + R_{\bar{I}})^2 + (\tilde{N}_{\delta i})^2}}$$

За малої частоти обертання індуктивна складова опору $C_x^2 n^2$ мала порівняно з активною складовою $(R_{\bar{A}} + R_{\bar{I}})^2$ і нею можна знехтувати. При цьому струм зростатиме пропорційно частоті обертання:

$$I_{\bar{A}}^2 = \frac{\tilde{N}_{\bar{A}} \tilde{O} \tilde{i}}{R_{\bar{A}} + R_{\bar{I}}} = \tilde{N} \tilde{i}$$

Зі збільшенням частоти обертання індуктивна складова зростає й стає значно більшою, ніж активна складова, якою можна знехтувати. При цьому струм не залежить від частоти обертання:

$$I_{\bar{A}}^2 = \frac{\tilde{N}_{\bar{A}} \tilde{O}}{\tilde{N}_{\delta}} = const, \quad \text{за } \tilde{O} = const$$

Отже, зі збільшенням частоти обертання ротора обмежується максимальна сила струму генератора.

Тенденції розвитку генераторних установок

На сьогодні розвиток і удосконалення генераторних установок спричинений загальними вимогами такими як підвищення потужності (в тому числі шляхом збільшення напруги бортової мережі), зменшення масово-габаритних показників, збільшення ресурсу та зменшення обслуговування, забезпечення необхідних параметрів за різних режимів роботи (частота обертання, температура, прискорення, навантаження).

Більш надійні та довговічніші в роботі індукторні електромагнітні генератори, які не мають контактних кілець та щіток.

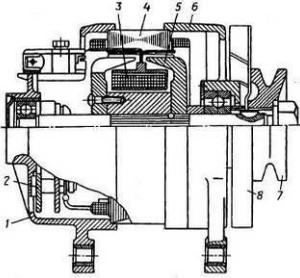


Рис. 1.18. Індукторний генератор: 1, 6 – кришки; 2 – випрямний блок; 3 – вузол обмотки збудження; 4 – статор; 5 – ротор; 7 – шків; 8 – вентилятор

Індукторний генератор з укороченими полюсами – це однойменна полюсна семифазна індукторна машина з однобічним електромагнітним збудженням. Обмотка збудження такого генератора міститься в каркасі з алюмінієвого сплаву і кріпиться на статорі. Дзьоби ротора вкорочені так, що між ними можуть проходити елементи кріплення каркаса обмотки збудження. При цьому одна полюсна половина кріпиться до втулки ротора гвинтами.

Безконтактні індукторні генератори із укороченими «дзьобами» прості за конструкцією, технологічні. Ротори мають мале розсіяння.

До вад належить дещо більша, ніж у контактних генераторів, маса за тієї ж самої потужності. Важко кріпити обмотку збудження, зменшується її жорсткість та міцність.

На автомобілях з дизельними двигунами може застосовуватися генераторна установка на два рівні напруги 14/28 В (рис. 1.19). Другий рівень 28 В використовується для зарядки акумуляторної батареї, що працює при пуску ДВЗ. Для отримання другого рівня використовується електронний подвоювач напруги або трансформаторно-випрямний блок (ТВБ), як це показано на рис. 3.6, р. У системі на два рівні напруги, регулятор стабілізує тільки перший рівень напруги 14 В. Другий рівень виникає за допомогою трансформації і подальшого випрямлення ТВБ змінного струму генератора. Коефіцієнт трансформації трансформатора ТВБ близький до одиниці.

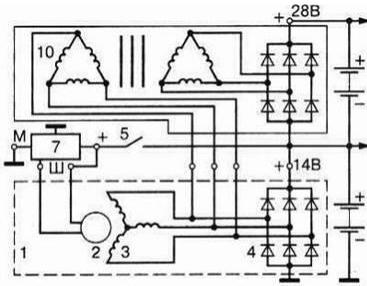


Рис. 1.19. Генераторна установка на два рівні напруги

Генераторні установки можуть бути виконані у комплексі з іншим обладнанням. Наприклад стартер-генератор, генератор-електродвигун (гібридна схема), генератор-вакуумний насос (рис.1.20)

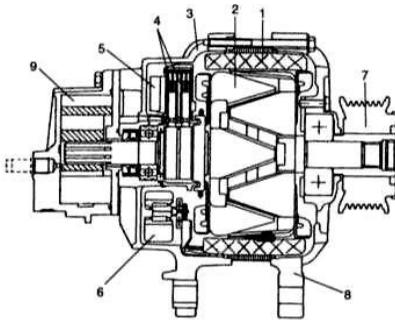


Рисунок 1.20 – Генератор з вбудованим вакуумним насосом: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – задня кришка; 4 – щітка; 5 – електронний регулятор напруги; 6 – випрямляч; 7 – шків; 8 – передня кришка; 9 – вакуумний насос

Стабільність характеристик роботи генераторної установки досягається також використанням конструкційних особливостей, наприклад муфт вільного ходу в шківках генераторів для зменшення пульсацій приводу, застосування багаторядних клинових пасових передач, рідинне охолодження та ін.

Застосування в регуляторі напруги електроніки і особливо, мікроелектроніки, тобто застосування польових транзисторів або виконання всієї схеми регулятора напруги на монокристалі кремнію, вимагає введення в генераторну установку елементів захисту її від сплесків високої напруги, виникаючих, наприклад, при раптовому відключенні акумуляторної батареї, скиданні навантаження.

Такий захист забезпечується тим, що діоди силового моста замінені стабілітронами. Відмінність стабілітрона від випрямного діода полягає у тому, що при дії на нього напруги у зворотному напрямі він не пропускає струм лише до певної величини цієї напруги, званої напругою стабілізації. Звичайно в силових стабілітронах напруга стабілізації складає 25...30В. Досягши цієї напруги стабілітрони "пробиваються", тобто починають пропускати струм у зворотному напрямі, причому в певних межах зміни сили цього струму напруга на стабілітроні, а, отже, і на виводі "+" генератора залишається незмінним, що не досягає небезпечних для електронних вузлів значень. Властивість стабілітрона підтримувати на своїх виводах постійність напруги після "пробою" використовується і в регуляторах напруги.

Експлуатація генераторних установок, несправності, технічне обслуговування

Якість роботи генераторної установки впливає на стан і роботу всієї системи енергопостачання. Справність генераторної установки визначається за вихідними характеристиками під час різних видів діагностування.

Несправності генераторної установки можна розділити на *несправності механічної та електричної частини*.

До *несправностей механічної частини* належать спрацювання, пошкодження, руйнування елементів: - приводу (пасова передача, елементи ротора та ін.); - щіткового вузла (щітки, кільця); - корпусних деталей (кришки, статор та ін.); - підшипникового вузла;

До *несправностей електричної частини* належить втрата номінальних електричних характеристик провідності обмоток статора чи ротора: - обривання, - міжвиткове замикання в обмотках, - замикання на корпусні елементи, - недостатній контакт (окислення та ін.). До *несправностей електронної частини* належить втрата номінальних характеристик: - елементів випрямного блоку (діодів, стабілітронів, конденсатора), та - елементів регуляторів напруги.

Під час експлуатації генераторні установки обслуговуються згідно переліку робіт відповідно ТО-1 та ТО-2.

Після виявлення *несправностей*, під час перевірки генераторної установки на автомобілі чи стендових випробовуваннях, приймається рішення про проведення поточного чи капітального ремонту агрегату.