

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Э. М. ДИЛАНЯН, Г. К. АСТАБАТЦЯН

НЕКОТОРЫЕ ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
 ОДНОДВИГАТЕЛЬНЫХ И МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫХ
 ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Одним из важных критериев для сравнительной оценки электро-трансмиссий пневмоколесных транспортных средств является величина общего коэффициента полезного действия. Для сравнения электрических характеристик вариантов исполнения электропривода была составлена методика, позволяющая в первом приближении рассчитать КПД однодвигательного и многодвигательного электромобилей. При этом принималось, что источником питания служат аналогичные аккумуляторные батареи, суммарная мощность всех двигателей равна мощности одного двигателя однодвигательного варианта, передаточное отношение механической трансмиссии одинаковое. Полный вес однодвигательного электромобиля приблизительно равен полному весу многодвигательного. Схемы передачи мощности от источника питания к колесам для рассматриваемых вариантов приведены на рис. 1.

КПД системы однодвигательного варианта определяется по выражению:

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{\text{ист}} \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{мт}} \cdot \eta_{\text{к}} \quad (1)$$

где $\eta_{\text{ист}}$, $\eta_{\text{дв}}$, $\eta_{\text{мт}}$ — соответственно КПД источника питания тягового двигателя и механической трансмиссии; $\eta_{\text{к}}$ — КПД преобразователя.

Для однодвигательного варианта КПД механической трансмиссии согласно рис. 1 равен:

$$\eta_{\text{мт}} = \eta_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{кд}} \cdot \eta_{\text{гп}} \quad (2)$$

где $\eta_{\text{р}}$, $\eta_{\text{кд}}$, $\eta_{\text{гп}}$ — соответственно КПД редуктора, карданной и главной передач.

Принимаем, что КПД дифференциала при прямолинейном движении равен единице. Общий КПД для двухдвигательного и четырехдвигательного вариантов, согласно параллельному распределению мощности [1], можно определить следующим образом:

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{\text{ист}} \cdot \frac{N' + N''}{\frac{N'}{\eta_1'} + \frac{N''}{\eta_1''}}; \quad \eta_{\Sigma} = \frac{\eta_{\text{ист}} (N_1' + N_1'' + N_2' + N_2'')}{\frac{N_1'}{\eta_1} + \frac{N_1''}{\eta_1} + \frac{N_2'}{\eta_2} + \frac{N_2''}{\eta_2}} \quad (3)$$

где N^* , N^* — мощности движущих сил, действующие на колеса транспортного средства для двухдвигательного варианта; N_1^* , N_1^* , N_2^* , N_2^* — мощности на колесах четырехдвигательного электромотоцикла (рис. 1); η' , η'' — общие КПД параллельных ветвей при двухдвигательном распределении энергии от одного источника питания; η_1' , η_1' , η_2' , η_2' — общие КПД параллельных ветвей при четырехдвигательном варианте распределения энергии.

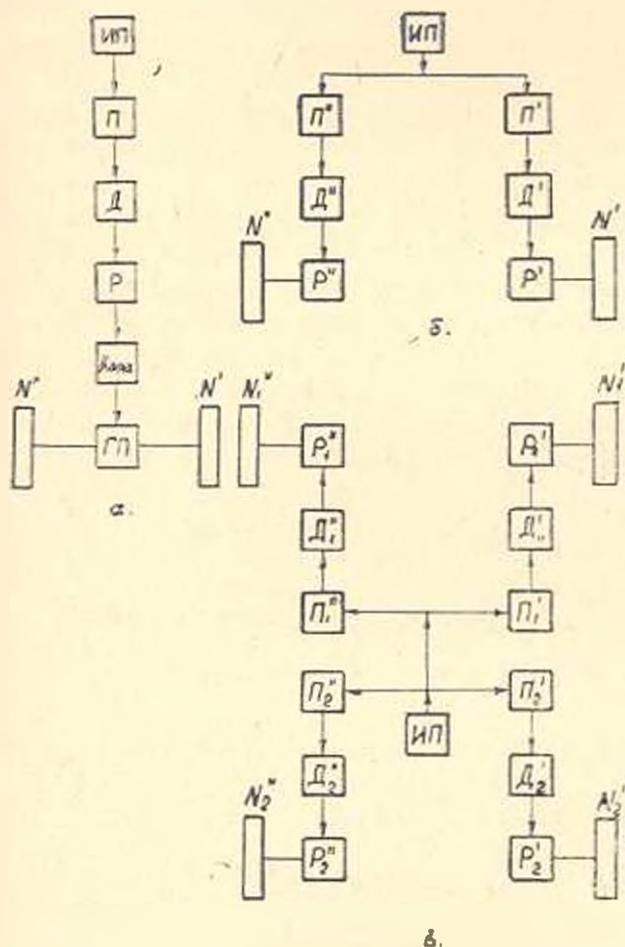


Рис. 1 Варианты схем передачи мощностей от тягового электродвигателя к колесам: а) однодвигательный; б) двухдвигательный; в) четырехдвигательный.

При прямолинейном движении, в частности случае, если $N^* = N_2^*$, имеем:

$$\eta_2 = \eta_{ин2} \cdot \eta_1' \cdot \eta_1' \cdot \eta_{р1}'; \quad \eta_4 = \eta_{ин4} \cdot \eta_{п1} \cdot \eta_{п1} \cdot \eta_{р1}' \quad (4)$$

где η_1' и $\eta_{р1}'$ — КПД редуктора.

КПД полюса зацепления зубчатой передачи можно рассчитать согласно эмпирической формуле [2], дающей хорошую сходимость с экспериментом:

$$\eta_{\text{вз}} = 1 - \left(\beta - \frac{\alpha m v_{\text{вз}}^k}{N_{\text{вз}}} \right), \quad (5)$$

где $v_{\text{вз}}$ — относительная окружная скорость в полюсе зацепления; $N_{\text{вз}}$ — относительная мощность, проходящая через полюс зацепления; m — модуль зубьев; α , β , k — опытные коэффициенты: для цилиндрических колес внешнего и внутреннего зацепления планетарного механизма — $\alpha = 0,005$, $\beta = 0,01$; для конических колес — $\beta = 0,02$; для цилиндрических колес внешнего зацепления непланетарного механизма — $\beta = 0,015$; для механизмов со смазкой поливом — $k = 1,5$ и разбрызгиванием — $k = 1,7$.

В выражении (5) величины m и $v_{\text{вз}}$ зависят от межосевого расстояния A , которое в свою очередь зависит от передаваемого через зацепление момента M :

$$v_{\text{вз}} = (\omega - \omega_0) A; \quad N_{\text{вз}} = (\omega - \omega_0) M; \quad A = C \sqrt{M},$$

где C — постоянный коэффициент, принимаемый для легковых автомобилей — 0,013—0,016; грузовых — 0,017—0,019. При расчете принималось общее передаточное отношение механической трансмиссии $i_z = 2,12 \cdot 4,125 = 8,745$, что соответствует базовой модели автофургона ЕрАЗ, грузоподъемностью 10 кН.

При однодвигательном варианте для $i = 4,125$:

$$\eta_{\text{вз}} = 1 - \left(\beta + \frac{2,41 \sqrt{\omega_0}}{M_0} \right), \quad (6)$$

где $\omega_0 = \frac{\omega_1}{i}$; $M_0 = M_1 i$; ω_1 , M_1 — угловая скорость и момент на валу тягового двигателя, а для $i = 2,12$:

$$\eta_{\text{вз}} = 1 - \left(\beta - \frac{0,55 \sqrt{\omega_0}}{M_0} \right). \quad (7)$$

При двухдвигательном варианте для $i = 4,12$:

$$\eta_{\text{вз}} = 1 - \left(\beta + \frac{2,68 \sqrt{\omega_0}}{M_0} \right), \quad (8)$$

а для $i = 2,12$ —

$$\eta_{\text{вз}} = 1 - \left(\beta + \frac{0,62 \sqrt{\omega_0}}{M_0} \right). \quad (9)$$

При четырехдвигательном варианте для $i = 4,125$:

$$\eta_{\text{вз}} = 1 - \left(\beta - \frac{2,9 \sqrt{\omega_0}}{M_0} \right), \quad (10)$$

а для $i = 2,12$ —

$$\eta_{\text{вз}} = 1 - \left(\beta - \frac{0,6 \sqrt{\omega_0}}{M_0} \right). \quad (11)$$

КПД источника питания определяется по выражению:

$$\eta_s = 1 - \frac{R_{\Sigma} I_{cp} k_{\Sigma}}{E_{\Sigma}} \quad (12)$$

где I_{cp} — среднее значение тока аккумуляторных батарей (АБ); k_{Σ} — коэффициент формы тока АБ, равный отношению действующего тока к среднему; E_{Σ} , R_{Σ} — эквивалентные значения ЭДС и активного сопротивления источника.

В качестве примера рассматривался привод с асинхронными трехфазными к.э. тяговыми двигателями. КПД асинхронного электродвигателя при частотном регулировании определяется по выражению [3]:

$$\eta_{\Sigma} = M_1 \omega_1 / (M_1 \omega_1 + I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2 + k_{Fe} \Phi^2 f_1^{1,3}), \quad (13)$$

где I_1 , r_1 , I_2 , r_2 , Φ , f_1 — ток статора, активное сопротивление обмотки статора, приведенные ток и активное сопротивление ротора, поток и частота тока статора асинхронного двигателя; k_{Fe} — постоянный коэффициент.

Принимая, что для получения тяговых характеристик целесообразно управлять асинхронным двигателем так, чтобы абсолютное скольжение оставалось постоянным, после несложных преобразований выражение (13) можно представить в следующем виде:

$$\eta_{\Sigma} = 1 / \left(1 + \frac{e + d + f_1^{1,3}}{\omega_1} \right) \quad (14)$$

где

$$e = \left(\frac{r_2^{\circ}}{f_2^{\circ}} + x_2^{\circ} \frac{f_2^{\circ}}{r_2^{\circ}} \right) b_{\Sigma} r_1^{\circ} + \frac{f_2^{\circ}}{r_1^{\circ}} (r_2^{\circ} + k_2^2 r_1^{\circ}); \quad d = k_{Fe} \left(\frac{r_2^{\circ}}{f_2^{\circ}} x_2^{\circ} + \frac{f_2^{\circ}}{r_2^{\circ}} \right)$$

Для однодвигательного варианта — $e = 0,056$, $d = 0,078$; двухдвигательного — $e = 0,056$; $d = 0,088$; четырехдвигательного — $e = 0,056$, $d = 0,13$. Для сравнительной оценки в таблице приведены некоторые данные асинхронных двигателей серии 4А.

Таблица

Тип двигателя	Номинальная мощность кВт	Частота вращения, об. мин.	КПД, %	Масса, кг
4А100 4	4	1430	84	42
4А132 4	7,5	1455	87,5	77
4А160 4	15	1465	88,5	135

При двух- и четырехдвигательном варианте исполнения с индивидуальными широтно-импульсными регуляторами напряжения и частотном регулировании возможно управлять преобразователями частоты



так, чтобы токи, потребляемые от источников двигателями каждого ведущего колеса, во время наличия импульса напряжения были сдвинуты во времени. При этом для двухдвигательного варианта этот сдвиг может быть равен половине периода несущей частоты T_n , в течение которого изменяется длительность импульса напряжения, а при четырехдвигательном — $\frac{T_n}{4}$, т. е. возможно несинфазное управление преобразователями, что приводит к улучшению формы тока, потребляемого от источника питания (рис. 2).

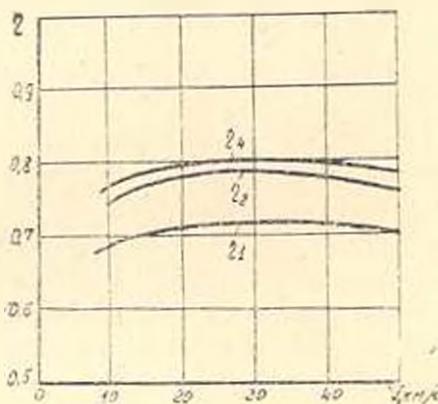


Рис. 2. Зависимость КПД систем многодвигательного электропривода от скорости движения.

Как показали расчеты, КПД двухдвигательного варианта на (5—6)% выше, чем у однодвигательного, в основном, из-за улучшения формы тока АБ. Аналогичные результаты расчетов общего КПД можно получить и для многодвигательного электропривода постоянного тока ЭМ с аккумуляторным источником энергии.

ЕрПН им. К. Маркса

10. IV. 1984

Է. Մ. ԳՐԱՆՅԱԿ, Գ. Կ. ԽՈՏՈՒՍՅԱՆ

ՄԻԿ ԵՎ ԲԱԶՄԱՇԱՐԻԳԱՆԻ ԷԼԵԿՏՐԱԲԱՆՑՈՒՄՈՎ ԷԼԵԿՏՐԱԳՈՐԹԻՆԵՐԻ ՈՐՈՇ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հուլիանում դիտված է մեկ և բազմաշարժիչանի էլեկտրամոթիլների օգտակար գործողության գործակիցի գնահատման մեթոդը: Դիտված է օրինակ և բերված են եռաֆազ ափնխրոն շարժիչներով էլեկտրամոթիլների օգտակար գործողության գործակիցների համեմատման արդյունքները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Артоболевский Н. Н. Теория механизмов и машин.— М.: Наука, 1975.— 610 с.
2. Антонио А. С. Силовые передачи колесных и гусеничных машин.— Л.: Машиностроение, 1967.— 430 с.
3. Сандлер А. С., Сарбатов Р. С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями.— М.: Энергия, 1974.— 328 с.