

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РЕКУПЕРАТИВНЫХ РЕЖИМАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

### ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ С СУПЕРКОНДЕНСАТОРНОЙ БАТАРЕЕЙ

Клепиков В.Б., Семиков А.В., Ротару А.В.

*Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков*

Одним из преимуществ электромобиля (ЭМБ) перед автомобилем (АМБ) с двигателями внутреннего сгорания является возможность возврата энергии в тормозных режимах. Такие рекуперативные режимы имеют место при снижении скорости, остановке, а также спуске под уклон.

В 2015 году на кафедре «АЭМС» НТУ «ХПИ» для учебных и научных целей при подготовке магистров и аспирантов был создан ЭМБ на базе АМБ «Ланос». Его электропривод (ЭП) включает в себя: широтно-импульсный преобразователь на полевом транзисторе (Т1), шунтированном встречным диодом (Д1), электродвигатель (ЭД) постоянного тока с постоянными магнитами и последовательно включенным дросселем, параллельно которым включен транзистор (Т2) шунтированный встречным диодом (Д2), микропроцессорную систему управления (МКУ). Источник питания выполнен в виде аккумуляторной батареи (АБ) и подключенной к ней через диод (Д3) суперконденсаторной батареи (СКБ).

В настоящих тезисах описана сущность теоретически и экспериментально исследованных процессов, протекающих при рекуперации энергии.

В установленном двигательном режиме периодическая коммутация Т1 вызывает подачу от АБ импульсов напряжения, в течение которых ток якоря  $i_{я}$  нарастает, а при выключенном Т1 – спадает, изменяясь в некоторых пределах относительно заданного управлением среднего значения, определяющего тяговый момент ЭД.

Переход к режиму торможения осуществляется выключением Т1, и переходом Т2 в режим периодического замыкания-размыкания с частотой  $f_k = 20$  кГц. На начальном этапе ток  $i_{я}$  во время замкнутого состояния Т2 под действием встречно направленной ЭДС спадает до нуля, а затем меняет направление на противоположное  $i_{ят}$ , создавая тормозной момент  $M_T$ . Значение  $M_T$  задаётся управлением величиной тока  $I_T$ , в свою очередь, определяемой положением педали акселератора и соответствующей продолжительностью включенного состояния Т2.

Тормозной ток, достигший в индуктивности якорной цепи  $L_{я}$  к моменту выключения Т2 значения  $I_{тк}$ , после выключения начинает протекать через диод Д1 и СКБ, отдавая ей за импульс энергию  $\Delta W_{p1} = L_{я} \frac{I_{тк}^2 - I_{mn}^2}{2}$ , где  $I_{тн}$  – тормозной ток к моменту следующего замыкания Т2. При этом за каждый импульс напряжение на СКБ повышается на величину  $\Delta U_{сн} = \frac{I_T}{Cf_k}$ . Таким образом, в течение каждого периода замыкания-размыкания Т2 осуществляется преобразование электромагнитной энергии, запасённой в индуктивности якорной цепи, в энергию электрического поля, накопленную в СКБ.

В соответствии с закон сохранения энергии энергетической первоосновой является механическая энергия: кинетическая – при снижении скорости

$$\Delta W_{к1} = m \frac{V_1^2 - V_2^2}{2} \text{ и потенциальная – при движении под уклон } \Delta W_{п} = mg\Delta h .$$

Конечно, в пределах одного периода коммутации происходит крайне малая подзарядка СКБ, однако, учитывая, что частота равна 20 кГц, в течение времени торможения батареи возвращается существенное значение энергии.

Результаты исследований показывают, что за счет рекуперации в стандартных режимах городского цикла экономия электроэнергии может достигать 17...22%.