

Аварійне джерело живлення

Динамічні джерела безперебійного живлення дозволяють вирішити проблему забезпечення електроживленням критичного навантаження при аваріях в системі електропостачання і дозволяють підвищити якість електричної енергії за режиму «вентиляції» електромережі.

Найважливішим чинником забезпечення безпеки польотів в аеропорту є безперебійне електропостачання з необхідною якістю електроживлення всіх його систем. Оскільки більшість споживачів аеропорту відносяться до споживачів особливої групи першої категорії, то для забезпечення їх електроживленням використовуються два незалежні централізовані входи і аварійне джерело електричної енергії. До найбільш перспективних аварійних джерел електроенергії слід віднести динамічні джерела безперебійного живлення (ДБЖ) [1]. Основними модулями ДБЖ є акумулятор кінетичної енергії і синхронна машина.

За наявності зовнішнього електроживлення синхронна машина ДБЖ працює в режимі електродвигуна, підтримуючи обертання маховика. При виході параметрів мережі за встановлені межі вона переводиться в генераторний режим - режим «вентиляції мережі», підтримуючи на навантаженні безперервну синусоїдальну напругу. Джерелом енергії цьому режимі є маховик (акумулятор кінетичної енергії), завдяки якому зберігається стійка частота обертання валу ротора синхронної електричної машини. Кінетична енергія обертання маховика може досягати значень 16 МДж [2].

Для підвищення величини кінетичної енергії і часу роботи ДБЖ без запуску дизельного двигуна пропонується принципово нова конструкція, в якій сумішені функції накопичувача кінетичної енергії і генератора [3].

Конструктивна схема накопичувача електричної енергії наведена на рис 1. Накопичувач електричної енергії містить: зовнішній ротор 1, внутрішній ротор 2, машину живлення 3.

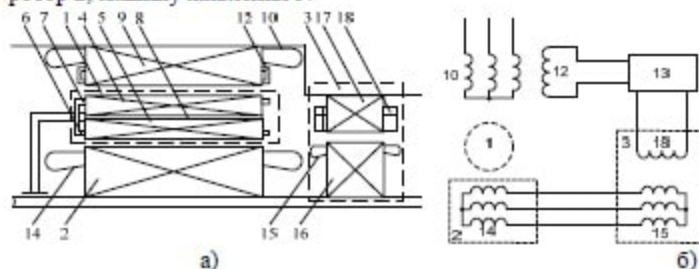


Рис. 1 Джерело безперебійного живлення

Зовнішній (рис. 1 а,б) ротор 1 виконується у вигляді двох циліндрів 4 і 5 з феромагнітного матеріалу має на внутрішній і зовнішній поверхнях пази, в яких розміщені короткозамкнені обмотки 6 і 7, сполучені між собою з одного боку, а з іншого боку – замкнуті кільцями накоротко. Між циліндрами 4 і 5 розміщений порожнистий циліндр 8 з немагнітного сплаву.

У пазах статора 9 накопичувача, фіг.2, який виконується шихтованим із листів електротехнічної сталі, укладена трифазна обмотка 10 з числом пар полюсів рівним одиниці. Для регулювання вихідної напруги на статорі 9 є магнітний шунт 11, який охоплений тороїдальною обмоткою 12, підключеною до блоку регулювання 13.

Внутрішній ротор 2 має на зовнішній поверхні пази, в яких розміщена трифазна обмотка 14 з числом пар полюсів рівним двом. Обмотка 14 підключена до трифазної обмотки 15, ротора 16 машини живлення 3, яка має число пар полюсів, що дорівнює двом. На статорі 17 машини живлення 3 є полюси з обмоткою збудження 18. Обмотка збудження 18 підключена до джерела постійного струму через блок регулювання 13, фіг.3. Машина живлення 3 працює як синхронний генератор. Внутрішній ротор 2 і ротор 16 машин живлення 3 об'єднані на одному валу і сполучені з синхронним двигуном і дизелем.

Робота аварійного генераторного агрегату відбувається таким чином:

За наявності живлення мережі обмотка статора 10 створює магнітний потік, що обертається. В результаті в короткозамкненої обмотці 7 зовнішнього ротора 1 індукуються електрорушійна сила, під дією якої в обмотці протікає струм. Таким чином, на зовнішній ротор починає діяти електромагнітний момент, і зовнішній ротор приходить в обертання. Одночасно з цим синхронний двигун приводить в обертання внутрішній ротор 2 і машину живлення 3.

При подачі живлення на обмотку збудження 18 машини живлення 13 через блок регулювання 13 і відключення живлення з обмотки статора 10 накопичувача кінетичної енергії, зовнішній ротор 1 обертається із швидкістю близької до 3000 об/хв.

Оскільки внутрішній ротор обертається із швидкістю 1500 об/хв і в його обмотці 14 наводиться електрорушійна сила з частотою 50 Гц, то магнітне поле, що створюється трифазною обмоткою 14 внутрішнього ротора, обертається відносно статора 9 із швидкістю 3000 об/хв. Враховуючи, що в стрижнях 6 внутрішнього ротора наводиться ЕРС, то протікають струми, які створюють магнітне поле, що обертається синхронно з полем внутрішнього ротора, тобто з частотою 3000 об/хв відносно статора накопичувача кінетичної енергії.

Струми, які протікають по стрижнях 7 зовнішнього ротора 1 створюють магнітний потік, що обертається із швидкістю 3000 об/хв. відносно статора 9. Потік, пересікаючи обмотку 10 статора 9, наводить в ній ЕРС частотою 50 Гц:

В разі відсутності напруги в мережі (аварійний режим) з обмотки 10 статора 9 накопичувача кінетичної енергії знімається напруга з частотою 50 Гц. Зовнішній ротор 1 накопичувача кінетичної енергії гальмується, тобто

відбувається перетворення накопиченої кінетичної енергії в електричну енергію статора і механічну енергію внутрішнього ротора. Швидкість обертання внутрішнього ротора 2 підтримується постійною, за рахунок зміни струму в трифазній обмотці 14, через зміну струму в обмотці збудження 18 машини живлення 3.

Незважаючи на те, що оберти зовнішнього ротора 1 падають, швидкість обертання поля, що створюється струмами, що протікають по стрижнях 7 зовнішнього ротора 1, дорівнює швидкості обертання поля, яке створюється струмами, що протікають по стрижнях 6, тобто 3000 об/хв. відносно статора.

Звідси витікає, що частота напруги у фазній обмотці 10 статора 9, не залежить від частоти обертання зовнішнього ротора 1 накопичувача кінетичної енергії.

Накопичувач кінетичної енергії у порівнянні з прототипом має більший зовнішній діаметр і масу, за рахунок виконання його у вигляді двох феромагнітних циліндрів з короткозамкненими обмотками, а значить, володіє можливістю накопичувати більшу кінетичну енергію. Крім того, відсутність на загальному валу синхронного генератора, дозволяє довготривало підтримувати стабільну швидкість обертання внутрішнього ротора, тим самим значно збільшуючи час роботи аварійного генераторного агрегату без включення дизеля.

Для вимкнення магнітного зв'язку між внутрішнім 5 і зовнішнім 4 циліндрами зовнішнього ротора 1 вони розділені циліндром з немагнітного сплаву 8.

Для підтримки стабільної напруги аварійного генераторного агрегат використовується тороїдальна обмотка підмагнічування 12 статора 9. Змінюючи струм в обмотці підмагнічування 12, через блок регулювання 13, змінюємо магнітний опір магнітного шунта 11, фиг. 3. Це призводить до зміни основного магнітного потоку статора 9, а значить і напруги в трифазній обмотці 10.

Накопичувач кінетичної енергії являє собою асинхронну машину з статором, що обертається, і ротором оберненого виконання. Так як в короткозамкнених обмотках зовнішнього ротора ЕРС наводиться в результаті обертання магнітного поля створюваного струмами, що протікають по трифазним обмоткам внутрішнього ротора, який виконує функцію статора асинхронної машини, і обертання самого ротора, то схема заміщення кінетичного накопичувача енергії буде відрізнятися від схеми заміщення асинхронної машини.

Система рівнянь балансу напруг для кола внутрішнього і зовнішнього ротора і рівняння для магніторухливих сил накопичувача енергії має вигляд як асинхронної машини.

Враховуючи, що величина ЕРС в короткозамкненій обмотці зовнішнього ротора залежить від частоти обертання внутрішнього ротора, умовно представимо величину ЕРС в наступному вигляді:

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{2s} + \dot{E}_{2ep},$$

де $\dot{E}_{2s} = 4.44 f_{2s} k_{ob} W_2 \dot{\Phi}$ - трансформаторна ЕРС в обмотці зовнішнього ротора, $\dot{E}_{2op} = 4.44 f_{2op} k_{ob} W_2 \dot{\Phi}$ - ЕРС обертавання ротора

Якщо перейти до нерухомих зовнішнього та внутрішнього роторам з урахуванням введення умовного ковзання ($s' = \frac{n_l - n_{mv}}{n_l}$), отримуємо рівняння накопичувача кінетичної енергії:

$$\begin{aligned} U_1 &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 R_1 + j \dot{I}_1 X_1 \\ \dot{E}_{22} &= \dot{I}_2 \frac{R_2}{1+s-s'} + j \dot{I}_2 X_{22} \frac{s}{1+s-s'} : \\ \dot{I}_0 m_1 W_1 k_{ob1} &= \dot{I}_1 m_1 W_1 k_{ob1} + \dot{I}_2 m_2 W_2 k_{ob2} \end{aligned}$$

де: \dot{E}_{22} - ЕРС в обмотці зовнішнього ротора при частоті f_1 .

Після приведення параметрів обмотки зовнішнього ротора до параметрів обмотки внутрішнього ротора отримуємо рівняння накопичувача енергії в наведеному вигляді.

$$\begin{aligned} U_1 &= -\dot{E}'_1 + \dot{I}_1 R_1 + j \dot{I}_1 X_1 \\ \dot{E}'_{22} &= \dot{I}'_2 R'_2 + j \dot{I}'_2 X'_{22} + \dot{I}'_2 R'_2 \frac{1+\bar{S}}{\bar{S} + 2n_{omv}} - j \dot{I}'_2 X'_{22} \frac{n_{omv}}{\bar{S} + 2n_{omv}} \\ \dot{I}_0 &= \dot{I}'_1 + \dot{I}'_2 \end{aligned}$$

де: $\frac{n_l - n_n}{n_l} = \bar{S}$ - основне ковзання, $\frac{n_{mv}}{n_l} = n_{omv}$ - відносна швидкість

обертавання зовнішнього ротора отримуємо рівняння накопичувача енергії:

Аналіз рівнянь показує, що накопичення кінетичної енергії умовно представлено в вигляді накопичення електричної енергії в конденсаторі.

Висновки

1. Використання ДБЖ дозволить забезпечити живленням критичні і споживачі при нульовому часі перемикання та реалізувати режим «вентиляції мережі» з підвищенням коефіцієнта потужності.

2. Перетворення рівнянь електричного рівновазі і введення поняття умовного ковзання дозволяють математично описати енергетичні процеси які відбуваються у накопичувачі кінетичної енергії.

Список літератури

1. Динамический дизельный источник бесперебойного питания. Simross. Современные электротехнические решения.
2. А.И. Бучинчик. Динамические источники бесперебойного питания. Турбины и дизели. №6 с.49-51.
3. Тихонов В.В., Соколова Н.П. Аварийный генераторный агрегат. Патент № 94252 Україна, МПК H02K 16/00. - 10.11.2014, бюл. 21