

ДОСЛІДЖЕННЯ ХВИЛЬОВИХ НАПРУГ У ОБМОТКАХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Святненко В.А., ст. викл.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра теоретичної електротехніки

Цемеринов О.Д., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

Вступ. Залізничний парк України на даний час все ще використовує у великій кількості електровози радянського виготовлення. Парк електровозів на базі тягових асинхронних двигунів з перетворювачами частоти є дуже малим. Більша частина – це тягові асинхронні двигуни та генератори дизельних локомотивів, що представляють собою машини постійного струму, традиційного виконання. Це обладнання є сильно зношеним, потребує заміни, ремонту та якісного сервісного обслуговування.

Потрібне використання ефективних методів контролю ізоляції якорних обмоток двигунів, тому що це є слабким ланцюгом надійності даних двигунів. Перспективним є застосування імпульсних методів, що викликають хвильовий процес в обмотках, параметри якого є джерелом інформації у якості обмотки.

Мета роботи. Дослідити розподіл хвильових напруг щодо корпусу, міжсекційних і міждуніткових напружень в обмотках якорів колленторних електричних машин постійного струму при випробуваннях ізоляції імпульсним методом.

Матеріали та результати синтезу: Хвиля імпульсного напруги, подана від ПГІ, на першу умовну секцію I обмотки якоря, поширюється на типових ділянках за двома зустрічних напрямках, до середин цих ділянок або, що те ж саме, до кінця кожної паралельної гілки. Те, що відбувається при цьому формування хвильових напруг в обмотках якорів не вдається пояснити, користуючись теорією хвильових процесів в довгих лініях з їх законом відображення, яка зазвичай в своїй основі поширюється на хвильові процеси в обмотках електричних машин змінного струму. Так, наприклад, у [1] стверджується, що один період коливання напруги на ізольованому кінці обмотки електричної машини змінного струму можна прийняти відповідним чотириразовому часу пробігу хвилі уздовж обмотки. Однак для обмоток якорів машин постійного струму такого твердження зробити не можна. Відповідно до закону відображення можна записати по [1]

$$l_{\text{ел}} = \frac{1}{4} T, \quad (1.1)$$

де $l_{\text{ел}}$ – електрична довжина обмотки, в мксек; T – період коливання напруги на ізольованому кінці обмотки в мксек.

Для перевірки цього проаналізуємо час пробігу вздовж обмотки або електричну довжину обмотки $l_{\text{ел}}$, хвильову швидкість ϑ , хвильвий опір Z і частоту власних коливань f , досліджуваних обмоток якорів машин постійного струму.

Відповідно до теорії хвильових процесів в довгих лініях (закон відбиття), перетворюючи (1,5), можна записати наступний вираз для частоти вільних коливань напруги на ізольованому кінці обмотки

$$f = \frac{1}{4 \cdot l_{\text{ел}}} \quad (1.2)$$

Добротність обмоток якорів визначається втратами в сталі на вихрові струми, в міді обмотки і діелектричними втратами. Певні по запропонованому методу хвильові опору Z_k обмоток якорів порівнювалися з результатами, отриманими при обчисленні хвильового (вхідного) опору за відомою формулою [1].

$$Z(t) = \frac{U_2(t)}{U_1(t) - U_2(t)} \cdot R_{\phi}, \quad (1.3)$$

де U_1 і U_2 – максимум падаючих хвиль до фронтового опору R_{ϕ} і на вході обмотки.

Тривалість фронту хвилі на вході обмотки визначається в основному постійної часу (по рис. 1-2, г).

$$T_{\phi} = R_{\phi} \cdot C_{\phi} \quad (1.4)$$

де C_{ϕ} – фронтова (вхідна) ємність досліджуваної обмотки.

Для підтвердження рівності амплітуд першого піку максимальних напруг U_{1-N} і падаючої хвилі U_k можна скористатися методикою [2], згідно з якою падіння напруги ΔU на ділянці обмотки, що створюється хвилею, що біжить дорівнює

$$\Delta U = \frac{l_{\text{ел}}}{t_m} \cdot U_m \quad (1.5)$$

Для підтвердження рівності амплітуд першого піку максимальних напруг U_{1-N} та падаючої хвилі U_k можна скористатися методикою [2], згідно з якою падіння напруги ΔU на ділянці обмотки, створене рухомою хвилею, дорівнює:

$$\Delta U = \frac{l_{\text{ел}}}{tm} U_m, \quad (1.6)$$

де $l_{\text{ел}}$ – електрична довжина ділянки обмотки, мксек;

t_m – тривалість максимуму фронту падаючої хвилі, мксек;
 U_m – амплітуда падаючої хвилі, В.

У граничному випадку за умови

$$t_m \leq l_{ел.}, \quad (1.7)$$

що зазвичай виникає для всієї довжини обмотки якоря, маємо

$$\Delta U = U_m \quad (1.8)$$

тобто максимальні поздовжні напруги U_{I-N} дорівнюють амплітуді падаючої хвилі $U_K = U_m$.

При цьому слід лише уточнити, що електрична довжина обмотки якоря $l_{ел.}$ в даному випадку визначається для гребня падаючої хвилі.

Висновок: 1) в обмотках якорів машин постійного струму має місце специфічний характер розподілу хвильових напруг, що суттєво відрізняється від характеру розподілу хвильових напруг машин змінного струму; 2) були визначені такі хвильові параметри як: тривалість фронту хвилі на вході обмотки, градієнт потенціалу на окремих ділянках обмотки, максимальні повздовжні напруги, електричну довжину обмотки.

Перелік посилань

1. Каганов З.Г. Хвильові напруги в електричних машинах. М., «Енергія», 1970.
2. Каганов З.Г. Хвильові явища в електричних машинах. Новосибирское изд-во, 1964.
3. Electromagnetic Transients in Transformer and Rotating Machine Windings, Charles Q. Su Charling Technology, Australia, 2002