

УДК 621.3

В.Г. Рикун, О.М. Вошев

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ВПЛИВ ПРОВАЛІВ НАПРУГИ В МЕРЕЖАХ НА РОБОТУ СИНХРОННИХ ТА АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

В статті розглянуті причини провалів напруги в системах електропостачання промислових підприємств та варіанти підвищення стійкості роботи синхронних і асинхронних двигунів.

Ключові слова: система електропостачання; провали напруги; стійкість роботи синхронних електродвигунів; асинхронний двигун; електрична енергія; електричні мережі.

Вступ

Основними причинами провалів напруги є uszkodження в системах зовнішнього електропостачання промислових підприємств, у переважній більшості випадків які одержують електроенергію на напрузі 110 кВ. При цьому провали напруги відчувають споживачі як у мережах 6 – 10 кВ, так і у мережах до 1000 В. Якщо в системі зовнішнього електропостачання виконується вимога п.3.2.108 ПУЕ про відключення uszkodжень на лініях 110 кВ і вище, що супроводжуються зниженням напруги на шинах джерел живлення нижче 65% від номінального, без витримки часу, то результуюча стійкість високовольтних електродвигунів, як правило, зберігається. Але ця вимога ПУЕ ставиться тільки до відповідальних споживачів і сформульована досить складно, тому в енергосистемах не завжди виконується.

Основний розділ

Розглянемо, що можна зробити для підвищення стійкості роботи синхронних електродвигунів (СД) в при провалах напруги. Максимальний обертаючий момент СД при провалах напруги можна представити наступною формулою [2]:

$$M_{\text{сд}} = 1,4 \cdot (U_{\text{ост,с}} / 0,85) U_{\text{в}} \cdot M_{\text{смк}}, \quad (1)$$

де $M_{\text{сд}}$ – максимальний обертаючий момент СД, в.о.; $M_{\text{смк}}$ – каталожний максимальний синхронний момент СД, в.о.; $U_{\text{ост,с}}$ – залишкова напруга в мережі, в.о.; $U_{\text{з}}$ – напруга збудження, в.о.; 1,4 – коефіцієнт форсування збудження СД при напрузі $0,85U_{\text{ном}}$.

Умова збереження стійкості СД:

$$M_{\text{сд}} \geq M_{\text{мех}}, \quad (2)$$

де $M_{\text{мех}}$ – момент опору механізму, в.о.

З наведеної формули очевидно, що необхідно звернути увагу на тип збуджувального пристрою СД. Для різних типів високовольтного устаткування (ВУ) існує різна залежність напруги збудження $U_{\text{з}}$ від напруги в мережі і відповідно неоднакова стійкість електродвигунів до провалів напруги.

Так, для СД із параметрами $M_{\text{смк}} = 1,8$, при живленні збуджувального пристрою від незалежного джерела і при провалі напруги в мережі до $U_{\text{ост,с}} = 0,5$, одержимо:

$$M_{\text{сд}} = 1,4 \cdot (0,5 / 0,85) \cdot 1 \cdot 1,8 = 1,48.$$

Із цього видно, що в цьому випадку провал напруги не загрожує втратою стійкості СД, оскільки $M_{\text{сд}} > M_{\text{мех}}$. В аналогічних умовах при наявності

залежного збудження, наприклад, тиристорного, коли збудник живиться від тієї ж мережі, що й основний електродвигун, момент електродвигуна буде значно менше: $M_{сд} = 1,4 \cdot (0,5 - 0,85) \cdot 0,5 \cdot 1,8 = 0,74$.

У цьому випадку при моменті опору механізму $M_{мех} < 0,74$ – стійкість електродвигуна може порушуватися.

Таким чином, для підвищення стійкості роботи синхронних електродвигунів необхідно прагнути до створення схем надійного живлення їхніх систем збудження. Бажано, по можливості, робити їх так, щоб ВУ живилося від джерела, напруга якого не залежить від напруги основного джерела живлення електродвигуна. У практиці експлуатації зустрічаються випадки відключення систем збудження СД при відновленні живлення після провалу напруги, що пов'язано з кидком струму збудження й спрацюванням захисту тиристорів. Це говорить про те, що перехідні процеси в системі збудження, що відбуваються при провалах напруги, при виборі параметрів вентилів і тиристорів ураховуються недостатньо повно.

Розглянемо питання підвищення стійкості роботи асинхронних двигунів. Асинхронні високовольтні електродвигуни на коротко-часові провали напруги ($< 0,5$ с) практично не реагують. Однак більш тривалі провали напруги можуть за певних умов привести до збудження стійкості їхньої роботи. Наприклад, при асинхронній характеристиці, показаній на рис. 1, що зустрічається в деяких імпортованих асинхронних електродвигунах, збудження стійкості може відбутися при $U_{ост,с} = 0,5U_{ном}$ після того, як ковзання електродвигуна і стане більше критичного. Так, при $s_{кр} = 0,05$ в.о., механічної постійної агрегату $T_m = 5$ с і надлишковому гальмовому моменті $M_{торм} = M_{мех} - M_{ад} = 0,25$ в.о., в період провалу напруги збудження стійкості роботи АД відбудеться, коли його ковзання перевищить критичне значення, тобто за час провалу напруги:

$$t_{пр.напр} > \frac{s_{кр} T_m}{M_{торм}} = (0,05 \cdot 5) / 0,25 = 1,0 \text{ с.} \quad (3)$$

Після відновлення живлення опір електродвигунів виявляється близьким до пускового, тому напруга в мережі відновиться не повністю, а саме:

$$U_{ост,с} = \frac{X_{\Sigma ад}}{X_{\Sigma ад} + X_c}, \text{ в.о.} \quad (4)$$

де $X_{\Sigma ад}$ – сумарний опір електродвигунів, X_c – опір живильної мережі.

При великій потужності електродвигунів величина цієї напруги може виявитися недостатньою для створення позитивного надлишкового моменту і електродвигуни продовжать зниження швидкості обертання. При цьому процес перейде в неконтрольовану стадію.

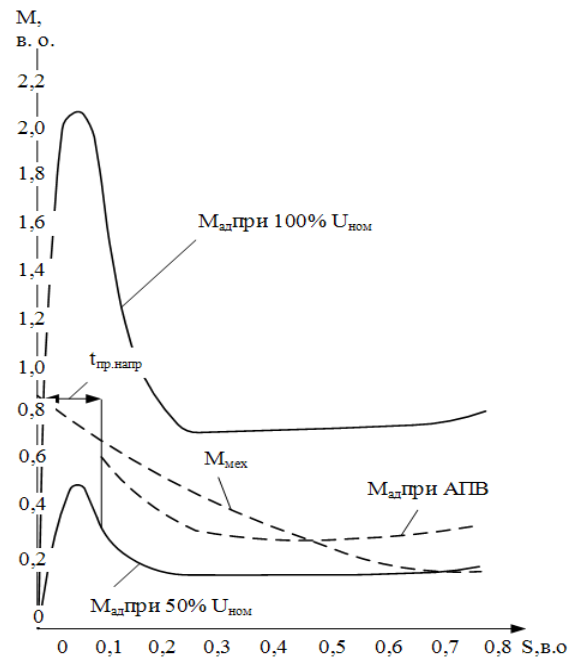


Рис. 1. Зміна обертаючого моменту АД при провалі і відновленні напруги

Щоб уникнути важких наслідків, необхідно робити розрахунки самозапуску, і якщо вони покажуть можливість подібної ситуації, то варто настроїти захист мінімальної напруги так, щоб частина менш відповідальних електродвигунів перед відновленням напруги відключалася (див. ПУЕ, п. 5.3.52). Цій умові будуть відповідати такі уставки захисту:

$$U_{мин} = 0,7 \text{ в.о.}, \quad t = 1,50 \text{ с.}$$

Висновок

Очевидно, яку важливу роль грає взаємодія й узгодження роботи пристроїв технологічної автоматики й автоматики в системі електропостачання при провалах живлячої напруги. Найбільш правильним є комплексний підхід до рішення проблеми збереження технологічних процесів при короткочасних провалах напруги в системах електропостачання підприємств, що припускає аналіз роботи технологічних агрегатів, КПП, технологічної автоматики, високовольтних і низьковольтних електродвигунів й ін. механізмів у тісному зв'язку з роботою РЗА в системі електропостачання.

Список літератури

1. Правила улаштування електроустановок. – Х.: Видавництво «Індустрія», 2008. – 424 с.
2. Романюк Ю.Ф. Електричні системи та мережі: навч. посіб. / Ю.Ф. Романюк. – К.: Знання, 2007. – 292 с. (Вища освіта XXI століття).
3. Карташев И.И. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Способы его контроля и обеспечения / И.И. Карташев. – М.: МЭИ, 2001. – 120 с.

Надійшла до редколегії 14.08.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**ВЛИЯНИЕ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ НА РАБОТУ
СИНХРОННЫХ И АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

В.Г. Рыкун, А.Н. Вошев

В статье рассмотрены причины провалов напряжения в системах электроснабжения промышленных предприятий и варианты повышения стойкости работы синхронных и асинхронных двигателей.

Ключевые слова: система электроснабжения; провалы напряжения; стойкость работы синхронных электродвигателей; асинхронный двигатель; электрическая энергия; электрические сети.

**INFLUENCING OF FAILURES OF TENSION IN NETWORKS TO WORK
OF SYNCHRONOUS AND ASYNCHRONOUS ENGINES**

V.G. Rykun, O.M. Voshev

Reasons of failures of tension in the systems of power supply of industrial enterprises and variants of increase of firmness of work of synchronous and asynchronous engines are considered in the article.

Keywords: system of power supply; failures of tension; firmness of work of synchronous electric motors; asynchronous engine; electric energy; electric networks.