

СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ДВИГУННИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

¹Донецький національний технічний університет

Запропоновано спосіб підвищення надійності електроживлення двигунного навантаження в діючих схемах за рахунок скорочення перерви живлення в режимах АВР. Підвищення досягається застосуванням спеціального пристрою швидкодійного АВР, в якому в разі короткого замикання в живлячій мережі подають сигнал на відключення вимикача робочого живлення і за появи струму в ланцюзі його котушки відключення включають вимикач резервного живлення. За відмови у відключенні короткого замикання вимикачем робочого живлення подають сигнал на відключення вимикача резервного живлення. Переваги цього підходу показані на прикладі двотрансформаторної підстанції, для якої можливе застосування швидкодійного АВР без заміни серійного секційного вимикача на дорогий швидкодійний.

Ключові слова: швидкодійне АВР, самозапуск, двигунне навантаження, надійність електропостачання.

Вступ

На сьогодні питання підвищення надійності електропостачання на підприємствах з безперервним технологічним процесом є одним з найважливіших напрямків розвитку сучасної енергетики, оскільки навіть короточасні порушення в системі зовнішнього електропостачання можуть призвести до розладу складного технологічного процесу і матеріальних збитків.

Одним із способів підвищення надійності живлення таких підприємств є застосування пристроїв швидкодійного АВР (ШАВР). Оскільки наявність синхронних і асинхронних двигунів в системі електропостачання висуває низку особливих вимог до пристроїв ШАВР [1], то виникає необхідність розробки нових алгоритмів роботи таких пристроїв, що забезпечують стійку роботу вузлів з двигунним навантаженням. Застосування мікропроцесорної елементної бази дозволяє створювати різні алгоритми роботи пристроїв ШАВР практично будь-якої складності і функціональності [2—5]. Як правило, пристрої ШАВР у разі появи аварійного або ненормального режиму в зовнішній мережі електропостачання в першу чергу подають сигнал на відключення ввідного вимикача, а після його відключення подають сигнал на включення вимикача резервного живлення. Застосування таких пристроїв ШАВР в існуючих схемах електропостачання може виявитися неефективним і привести до випадання з синхронізму двигунного навантаження, оскільки за такого порядку роботи вимикачів час перерви живлення може виявитися значним через великий час циклу включення-відключення використовуваних вимикачів. Тому використання сучасних пристроїв ШАВР вимагає установки швидкодійних вакуумних вимикачів. Установка їх в діючих схемах електропостачання є скрутною і дорогою [2].

Метою роботи є розробка та дослідження способу підвищення надійності електроживлення двигунного навантаження за рахунок скорочення перерви живлення в діючих схемах електропостачання шляхом одночасної подачі сигналу на відключення ввідного і включення секційного вимикачів.

Результати дослідження

Оскільки сучасні мікропроцесорні пристрої ШАВР мають час реакції на появу аварійного режиму в межах від 5 до 12 мс [6], а час відключення і включення вимикачів у діючих схемах електропостачання становить близько 0,12 с і 0,30 с, відповідно, то перерва живлення двигунного навантаження може досягати величини 0,43 с. Така тривалість перерви живлення може призвести до значного збільшення рівнів струмів самозапуску і випадання з синхронізму навантажених двигунів та до їх подальшого відключення захистами. Тому, з метою зменшення часу перерви живлення, пропонується подавати команду на включення вимикача резервного живлення і на відключення ввідного вимикача секції практично одночасно.

Розглянемо поведінку двигунного навантаження в режимах ШАВР для двотрансформаторної підстанції, показаної на рис. 1. Для цього скористаємося математичною моделлю, яка для такої ділянки мережі наведена в [7]. В якості аварійного режиму беремо трифазне коротке замикання (КЗ) в точці К1 на вищій стороні трансформатора Т1. Прийmemo для моделювання час реакції пускового органу пристрою ШАВР рівним 8 мс, а час включення і відключення вимикачів відповідно 0,3 і 0,12 с. Перерва живлення при цьому становитиме близько 0,43 с.

На рис. 2 і рис. 3 показані графіки зміни узагальнених векторів струмів статора асинхронного й синхронного електродвигунів, підключених до першої секції шин 6 кВ в режимі ШАВР, коли спочатку подається сигнал на відключення ввідного вимикача секції Q1, а після його відключення подається команда на включення секційного вимикача КQ.

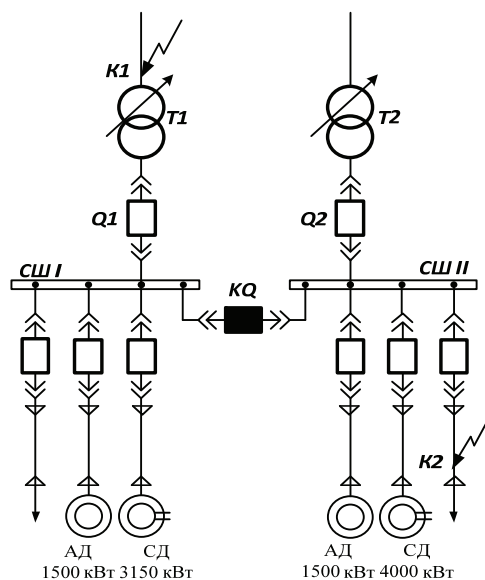


Рис. 1. Схема двотрансформаторної підстанції

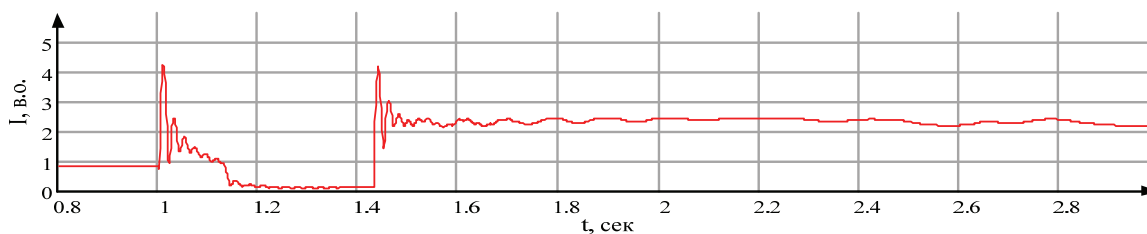


Рис. 2. Узагальнений вектор струму статора асинхронного двигуна у разі почергового включення вимикачів

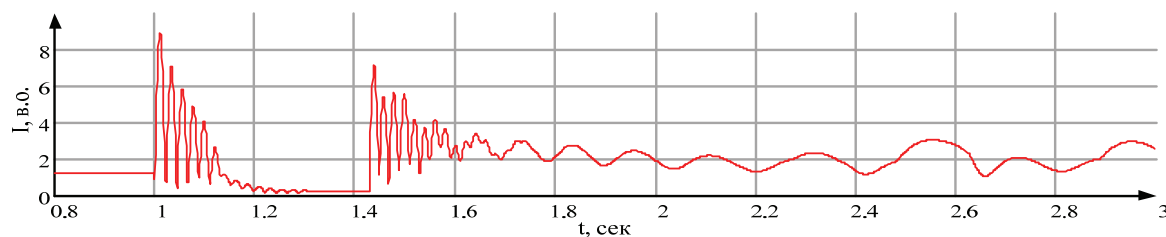


Рис. 3. Узагальнений вектор струму статора синхронного двигуна у разі почергового включення вимикачів

З рис. 2 і рис. 3 випливає, що із застосуванням сучасних пристроїв ШАВР в існуючих схемах не завжди є ефективним через можливу втрату двигунами стійкості і подальшого затяжного і неуспішного самозапуску. У зв'язку з цим для успішної роботи пристрою ШАВР потрібно застосування спеціальних швидкодійних вимикачів [8] з часом включення і відключення рівними, наприклад, 22 мс і 8 мс, відповідно.

Наведемо тепер результати моделювання роботи пристрою ШАВР у тому ж аварійному режимі, але з одночасною подачею сигналу на відключення ввідного вимикача секції і включення звичайного секційного вимикача. Графіки зміни узагальнених векторів струмів статорів асинхронного й синхронного двигунів показані на рис. 4, 5.

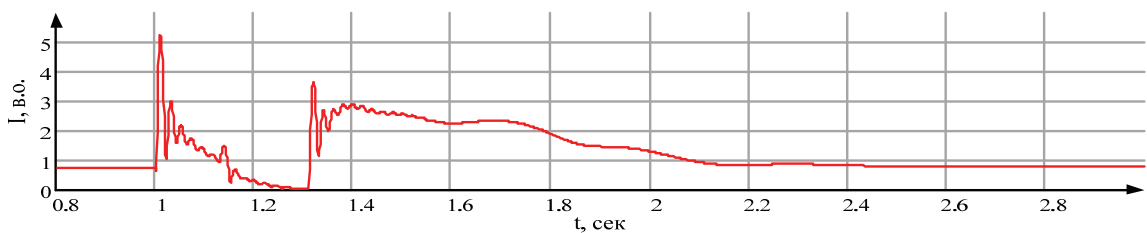


Рис. 4. Узагальнений вектор струму статора асинхронного двигуна з одночасною роботою вимикачів

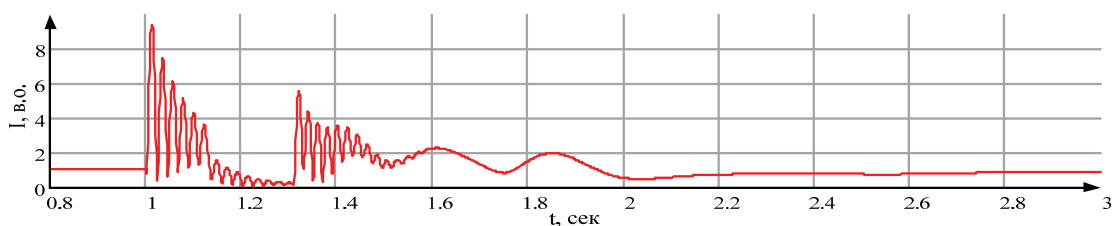


Рис. 5. Узагальнений вектор струму статора синхронного двигуна з одночасною роботою вимикачів

За такого підходу час перерви живлення складається тільки з часу реакції пускового органу ШАВР (8мс) і часу включення секційного вимикача (0,3 с) і дорівнює 0,308 с і двигунне навантаження не втрачає стійкості.

У табл. наведені дані зміни струмів (I) в момент виникнення короткого замикання і в момент подачі резервного живлення, а також величина залишкової швидкості обертання (W) асинхронного й синхронного електродвигунів до моменту подачі резервного живлення.

Значення струмів в двигунах в режимах ШАВР

Параметр	Режим роботи вимикачів	Почерговий		Одночасний	
		АД	СД	АД	СД
I , в. о.	У момент виникнення КЗ	5,2	9,37	5,2	9,37
	У момент подачі резервного живлення	5,3	8,1	3,6	5,5
W , в. о.	У момент подачі резервного живлення	0,85	0,86	0,9	0,91

З наведених даних в табл. і рис. 2—5 випливає, що одночасна подача сигналу на відключення ввідного вимикача секції і включення секційного вимикача дозволяє не тільки зменшити час перерви живлення, але і знизити рівень струмів в двигунах в режимі самозапуску. Також з табл. видно, що з одночасною подачею сигналу на роботу двох вимикачів зниження швидкості обертання двигунів менше, ніж за почергової роботі вимикачів, що створює сприятливіші умови для забезпечення стійкої роботи двигунного навантаження за короткочасних порушень в системі електропостачання.

Однак зауважимо, що у разі використання запропонованого способу одночасної подачі сигналу на роботу вимикачів є небезпека підключення резервної секції на коротке замикання за трансформатором Т1 за відмови у відключенні ввідного вимикача секції, на якій відбулося порушення нормального режиму електропостачання, викликаного коротким замиканням. Тому, щоб уникнути втрати «здорової» секції, пропонується в логіку пристроїв ШАВР за одночасної роботи вимикачів включити контроль наявності струму в колі соленоїда відключення ввідного вимикача. У разі появи імпульсу струму можна вважати, що відключення ввідного вимикача відбудеться успішно і включення секційного вимикача не приведе до втрати резервної секції. Якщо ж після закінчення заданого часу відключення ввідного вимикача не відбулося, то після включення секційного вимикача подається команда на його відключення. У такій ситуації резервна секція виявиться короткочасно включеною на короткочасне коротке замикання, яке не буде перевищувати таке КЗ на відхідних приєднаннях власної секції. Відомо, що під час проектування вузлів електропостачання з двигунним навантаженням передбачають заходи, щоб у разі короткого замикання на відхідному приєднанні секції двигунне навантаження цієї ж секції не повинно втратити стійкість за час відключення короткого замикання, що становить близько 0,25—0,35 с. Графіки зміни узагальнених векторів струмів статорів асинхронного й синхронного електродвигунів під час трифазного короткого замикання на відхідному приєднанні (точка К2 рис. 1) показані на рис. 6 і рис. 7.

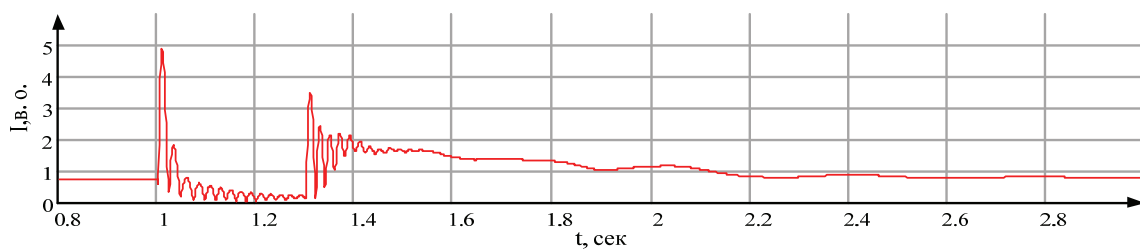


Рис. 6. Узагальнений вектор струму статора асинхронного двигуна під час короткого замикання в точці К2

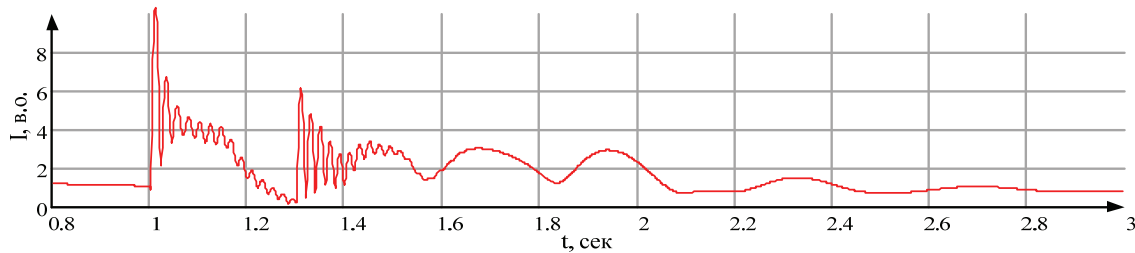


Рис. 7. Узагальнений вектор струму статора синхронного двигуна під час короткого замикання в точці К2

Час дії штатного релейного захисту приєднання, що відходить, як правило, становить 0,1 с, а час відключення вимикача дорівнює 0,12 с, тому час, протягом якого двигуни підживлюють КЗ та виникає глибоке зниження напруги становить близько 0,25 с. У разі неуспішного ШАВР час, протягом якого двигуни будуть підключені до КЗ буде приблизно таким самим, а напруга — близько половини номінальної. Таким чином, за неуспішного перемикавання двигуни навантаження резервної секції не втратить стійкості, так як час, протягом якого вона буде включена на коротке замикання, буде менше часу відключення короткого замикання на відхідному приєднанні секції.

Висновки

В результаті проведених досліджень на основі математичного моделювання режимів порушення живлення двигуна навантаження встановлено:

1. Запропонований метод одночасної подачі команд від пристрою ШАВР на відключення вимикача робочого живлення і включення вимикача резервного живлення дозволяє скоротити перерву живлення і зберегти динамічну стійкість двигуна навантаження;
2. Такий підхід до роботи вимикачів дозволяє забезпечити успішну роботу пристрою ШАВР без застосування дорогих швидкодійних вимикачів;
3. Застосування одночасної подачі сигналу на обидва вимикача дозволяє також знизити рівень струмів самозапуску двигуна навантаження і забезпечити стійку роботу вузла в режимах короткочасного порушення електропостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беляев А. В. Противоаварийное управление в узлах нагрузки с синхронными электродвигателями большой мощности / А. В. Беляев. — М. : НТФ «Энергопресс», «Энергетик», 2004. — 79 с.
2. Быстродействующее устройство АВР с однократным принципом определения нарушения нормального электропитания потребителей / [В. А. Жуков, В. М. Пупин, С. И. Гамазин и др.] // Электрооборудование: Эксплуатация и ремонт — 2011. — № 9. — С. 11—18.
3. 30 ms High Speed Transfer System (HSTS): Product Description [Электронный ресурс] // ABB Power and productivity for a better world. — 2011. — 12 с. — Режим доступа : <http://www.abb.ua/>
4. Киреева Э. Современные устройства быстродействующего АВР / Э. Киреева, В. Пупин, Д. Гумиров // Главный энергетик. — 2005. — № 11. — С. 23—25.
5. Никулов И. Комплекс БАВР. Быстродействие повышает надёжность электроснабжения / И. Никулов, В. Жуков, В. Пупин // Новости электротехники. — 2012. — № 4. — С. 2—4.
6. Дарибаев А. Современные решения по быстродействующему автоматическому вводу резерва / А. Дарибаев // Энергетика. — 2014. — № 1(148). — С. 79—81.
7. Сивокобыленко В. Ф. Математическая модель многомашинной системы для анализа поведения электродвигателей в режимах БАВР / В. Ф. Сивокобыленко, С. В. Деркачев // Наукові праці ДонНТУ. — 2014. — № 1 (16). — С. 171—178. — (Електротехніка та енергетика).
8. Сверхбыстродействующие выключатели ВВ/TEL [Электронный ресурс] / Энергетика оборудование документация. — Режим доступа : <http://forca.ru/stati/podstancii/sverhbystrodeystvuyushchie-vyklyuchateli-vv-tel.html> .

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 25.12.2015

Сивокобыленко Віталій Федорович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри «Електричні станції, мережі та електропостачання», e-mail: svf1934@gmail.com;

Деркачев Сергій Владимирович — аспірант кафедри «Електричні станції, мережі та електропостачання», e-mail: sergey_derkachev@mail.ru.

Донецький національний технічний університет

V. F. Syvokobylenko¹
S. V. Derkachov¹

Method of Reliable Increasing Power Supply Systems with Motor Loading

¹Donetsk National Technical University

There has been offered the method of improving the reliability of power supply of the motor load in the existing schemes by reducing the break power in ATS modes. This has been achieved by the use of a special fast-acting ATS device in which at short circuit in the power supply network there has been given a signal to switch-off the main breaker of the main power supply source and at appearance a current in circuit of solenoid a breaker of reserve power supply source has been switched-on. In case of refusal to disconnect the short-circuit by the main breaker a signal to switch-off of reserve power supply breaker is given. The advantages of this method are illustrated in the example of two-transformer substation, for which it is possible to use the fast-acting ATS without replacement serial section breaker to an expensive high-speed.

Keywords: fast-acting ATS, self-starting, motor load, power supply reliability.

Syvokobylenko Vitalii F. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of “Electrical Stations, Systems and Power Supply”, e-mail: svf1934@gmail.com;

Derkachov Sergii V. — Post-Graduate Student of the Chair of “Electrical Stations, Systems and Power Supply”, e-mail: sergey_derkachev@mail.ru

В. Ф. Сивокобыленко¹
С. В. Деркачев¹

Способ повышения надежности электропитания в системах электроснабжения с двигательной нагрузкой

¹Донецкий национальный технический университет

Предложен способ повышения надежности электроснабжения двигательной нагрузки в действующих схемах за счёт сокращения перерыва питания в режимах АВР. Это достигается за счет применения специального устройства быстродействующего АВР, в котором при коротком замыкании в питающей сети подают сигнал на отключение выключателя рабочего питания и при появлении тока в цепи его катушки отключения включают выключатель резервного питания. При отказе в отключении короткого замыкания выключателем рабочего питания подают сигнал на отключение выключателя резервного питания. Преимущества такого подхода показаны на примере двухтрансформаторной подстанции, для которой возможно применение быстродействующего АВР без замены серийного секционного выключателя на дорогостоящий быстродействующий.

Ключевые слова: быстродействующее АВР, самозапуск, двигательная нагрузка, надежность электроснабжения.

Сивокобыленко Виталий Федорович — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Электрические станции, системы и электроснабжение», e-mail: svf1934@gmail.com;

Деркачев Сергей Владимирович — аспирант кафедры «Электрические станции, системы и электроснабжение», e-mail: sergey_derkachev@mail.ru