

УДК 621. 316.9.622.33.012

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ ПОДАВЛЕНИЯ ЭДС ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЗАЩИТНОМ ОТКЛЮЧЕНИИ ШАХТНОЙ УЧАСТКОВОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ

Коврижкин О.И., инженер, соискатель учёной степени;
Маренич К.Н., Ph. D., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Повышение электробезопасности эксплуатации низковольтной электрической сети участка шахты может быть достигнуто при условии подавления ЭДС вращения асинхронных двигателей (АД). Начальная величина этой ЭДС достигает 0,95 от номинального напряжения сети и экспоненциально снижается с постоянной T_p затухания свободного тока ротора [1]:

$$u_{\text{вр}} = \frac{L_m}{L_p} j(1-s)\omega_0 \psi_{0p} e^{-\frac{t}{T_p}} e^{j\omega_0(1-s)t}; \quad (1)$$

$$T_p = (L_p / r_p) = U_{\phi} K_n / I_0 r_p \omega_0; \quad (2)$$

где L_m – индуктивность главного потока АД; L_p , ω_0 и s – полная индуктивность, синхронная частота вращения и скольжение ротора; I_0 и r_p – ток холостого хода и активное сопротивление ротора АД; U_{ϕ} – фазное напряжение статора в режиме холостого хода; $K_n = 1 - 1,1$ – коэффициент насыщения АД; ψ_{0p} – начальное потокосцепление ротора

Расчет начального тока утечки, обусловленного ЭДС вращения (627 В/фазу), с использованием виртуальной модели сети показал наличие опасности электротравматизма (табл.1).

Таблица 1

Результаты расчета начального тока утечки

Rиз, кОм	Длина кабеля L к, м	Сечение рабочей жилы кабеля, мм ²					
		10	16	25	35	50	70
Ток утечки (Ry=1 кОм), mA							
100	50	20,9	21,2	22,1	23,7	26,7	31,2
	100	27,2	28,0	30,7	35,3	42,9	53,6
	150	35,2	36,5	41,2	48,8	61,0	77,5
	200	44,0	45,9	52,4	62,9	79,4	101,5

С целью исключения подпитки места утечки тока на землю на участке между пускателем и двигателем со стороны последнего целесообразно авто-

матически подавлять ЭДС вращения двигателя всякий раз после исчезновения тока статора, потребляемого из сети. Этим будет так же исключено поддержание напряжения на первичных обмотках трансформаторов питания пускателей. Следовательно, в процессе аварийного отключения сети одновременно с отключением автоматического выключателя трансформаторной подстанции отключатся и контакторы пускателей, отсоединив электрически место утечки от статорных обмоток двигателей потребителей участка и исключив тем самым возможность подпитки места утечки и с их стороны.

К известным способам подавления ЭДС вращения АД следует отнести закорачивание статора, а так же отключение статора двигателя. В первом случае со стороны непосредственно у кабельного ввода двигателя предусмотрен полупроводниковый короткозамыкатель (диодный мост, нагруженный тиристором), включаемый в случае исчезновения тока в магистральном кабеле [1]. Схема управления короткозамыкателем (рис. 1) предполагает применение: компаратора 1 в качестве формирователя сигнала о наличии (отсутствии) тока в фазах А; В; С кабеля, триггерной ячейки 2-3 в качестве элемента запоминания появления тока в кабеле; элемента ИЛИ-НЕ (4) в совокупности связей с элементами 1-3 – в качестве узла выявления исчезновения тока в кабеле.

В обоих случаях предполагается, что силовой коммутационный аппарат подключен непосредственно у двигателя. Особенность процесса заключается в том, что подавление ЭДС вращения АД должно происходить всякий раз после отключения двигателя от сети и выполняться в автоматическом режиме .

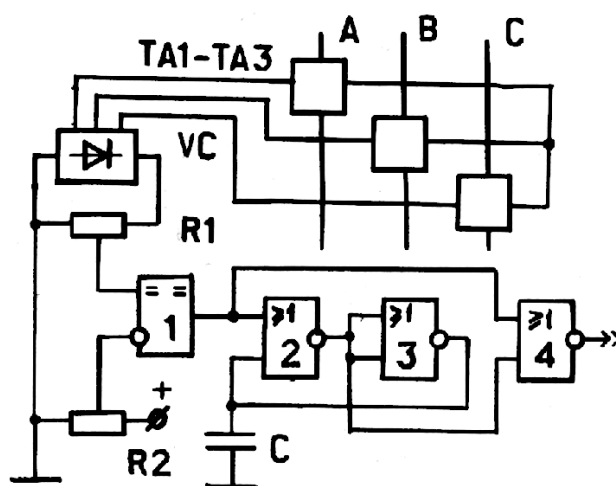


Рисунок 1 – Схема управления короткозамыкателем

Такой способ сопряжен с кратковременными, но значительными перегрузками двигателя по току, поскольку предполагается закорачивание статора:

$$i_k = \frac{E_{bpm}}{z} \sin(\omega t + \alpha - \varphi) + i_a e^{\frac{t}{T_a}} \quad (3)$$

где i_k – ток статора (в короткозамкнутой цепи); E_{bpm} – амплитуда ЭДС вращения; z – полное сопротивление короткозамкнутой цепи; T_a – постоянная вре-

мени затухания апериодической составляющей тока двигателя i_a в цепи короткозамыкателя; α - фаза включения при $t=0$; φ - угол сдвига тока к.з.

Процесс сопровождается реверсом фазных токов в обмотках двигателя и возникновением тормозного момента, что вызывает динамические перегрузки в приводе и неоправданную деформацию фрагментов статорных обмоток. Процесс более приемлем применительно к режиму аварийного отключения, т.к. частое его повторение может привести к снижению ресурса двигателя.

В то же время, подавление ЭДС вращения двигателя может быть осуществлено коммутацией «звезды» статора двигателя двумя однополюсными контакторами (рис. 2). В качестве последних приемлемо использовать высокоэффективные малогабаритные вакуумные контакторы серии SPVC отечественного производства (завод «Таврида», Севастополь). Они могут встраиваться в дополнительный объем коробки кабельных вводов двигателя.

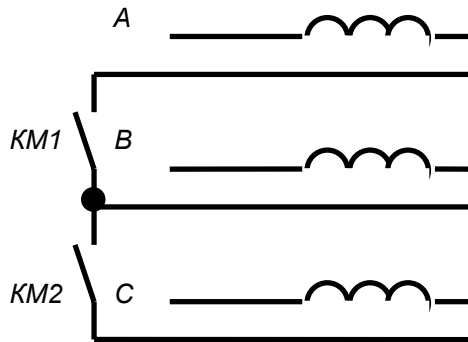


Рисунок 2 – Предлагаемая схема коммутации статора двигателя при исчезновении потребляемого тока

Физическим моделированием установлена высокая эффективность подавления ЭДС вращения АД контакторным размыканием «звезды» обмотки статора. На осциллограмме представлен процесс отключения линейного напряжения статора АД мощностью 10 кВт в момент времени 0,055с с последующим переходом этого линейного напряжения в линейную ЭДС вращения двигателя (рис. 3). В момент времени 0,325 с от начала осциллографирования произведено отключение вакуумных контакторов в «звезде» статора двигателя. Продолжительность подавления ЭДС вращения АД составляет 0,0007 с. Процесс не сопровождается повышением тока и динамической составляющей момента двигателя. В штатном режиме коммутация «звезды» статора происходит при нулевом потенциале точки «звезды», что повышает ресурс устройства коммутации.

Алгоритм управления контакторами $KM1$; $KM2$ состоит в следующем. При подаче напряжения на клеммы A ; B ; C статора двигателя формируется команда на включение контакторов $KM1$; $KM2$. Команда на их отключение формируется в случае исчезновения тока статора двигателя. Таким образом дат-

чиками информационных параметров должны служить трансформатор линейного напряжения (TU) на входе статора и трансформатор тока (TA) статора.

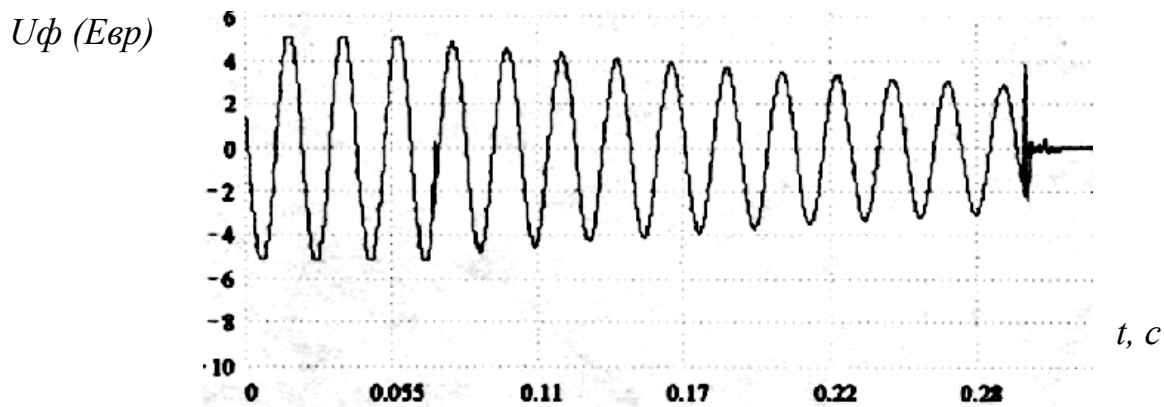


Рисунок 3 – Осциллограмма напряжения, ЭДС вращения статора АД в процессе отключения с последующим размыканием «звезды» его обмоток

Реализация автоматического управления контакторами осуществляется схемой на основе применения функции RS - триггера (рис. 4). Предполагается, что входные сигналы, поступающие с соответствующих трансформаторов TU и TA , предварительно выпрямляются и не содержат нулевых состояний при наличии, соответственно, токов и напряжений в сети статора двигателя. Сигнал $U_{TU} = "1"$ при подаче трёхфазного напряжения поступает на вход элемента “ИЛИ-НЕ” $D1.1$, что приводит к формированию на выходе элемента “ИЛИ-НЕ” $D1.2$ логической “единицы”. Компаратор $DA1$ формирует кратковременный импульс «нулевого» уровня только в случае прекращения протекания тока статора АД. Задний фронт сигнала $U_{TA} = "1"$ выделяется дифференцирующей цепью $C1R1$. Поэтому уровень логической «единицы» выхода компаратора $DA1$ при подаче напряжения сети на статор и уровень логической «единицы» на выходе элемента “ИЛИ-НЕ” $D1.2$ обуславливают самоблокирование триггерной ячейки и поддержание “единичного” сигнала на её выходе. Этот сигнал является командой на включение контакторов $KM1; KM2$. В случае отключения сети со стороны трансформаторной подстанции в сети электропитания двигателя исчезает ток, что приводит к появлению кратковременного “нулевого” потенциала на выходе компаратора $DA1$. Этот нулевой импульс деблокирует посредством элементов “И-НЕ” $D2.3; D2.4$ триггерную ячейку $D1.1; D1.2$, запоминается триггерной ячейкой $D1.3; D1.4$, которая посредством элементов “И-НЕ” $D2.1; D2.2$ вносит запрет на повторное включение контакторов $KM1; KM2$ сигналом $U_{TU} = "1"$ обусловленным, в этом случае, величиной ЭДС вращения АД.

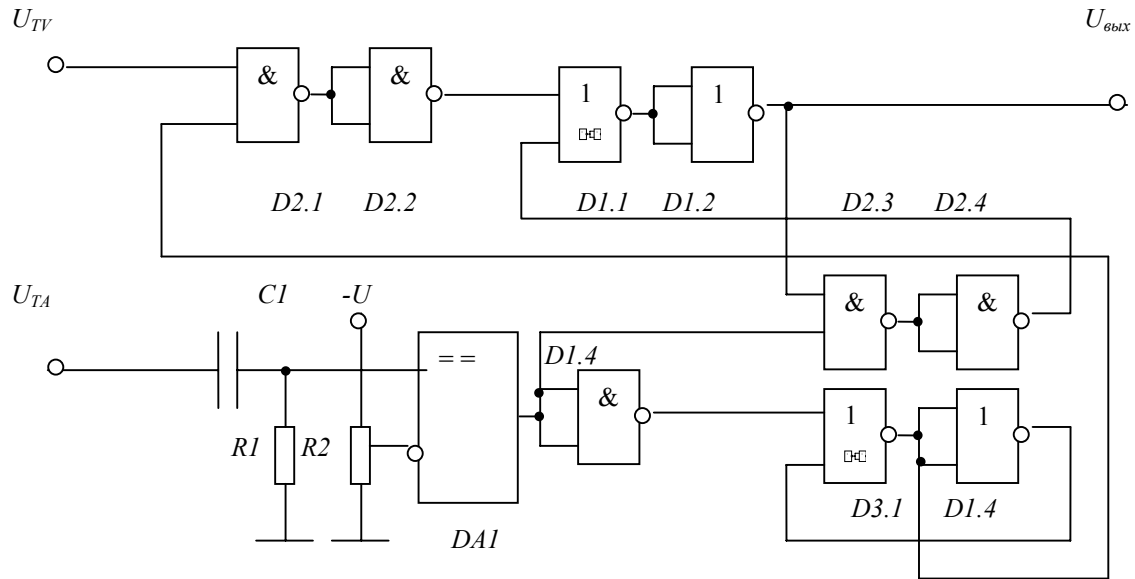


Рисунок 4 – Схема блока управления работой коммутатора «звезды» статора асинхронного двигателя

Перечень ссылок

1. Маренич К.М. Нова концепція керування захисним відключенням низьковольтної електричної мережі дільниці шахти // Вісник Вінницького державного технічного університету, 2001, №6. – С104-107