

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ДВУХСКОРОСТНЫХ АСИНХРОННЫХ ПРИВОДОВ

Двухскоростные асинхронные электродвигатели большой мощности широко применяются на промпредприятиях, электрических станциях, металлургических и химических заводах и др.

Рассмотрим некоторые вопросы, связанные со схемой подключения двигателя к питающим шинам, а также с защитой от однофазных замыканий на землю и ограничением возникающих на его выводах перенапряжений. Решения, предложенные авторами могут быть использованы на любых промпредприятиях, применяющих подобные асинхронные машины.

Типовая схема подключения двухскоростного асинхронного двигателя показана на рисунке 1а. Результаты анализа этой схемы и разработка предложений по её совершенствованию рассмотрены применительно к двигателю серии ДВДА2-235/104-20-24, установленному в системе собственных нужд Зуевской ТЭС, который используется для закачки воды в градирни. Номинальная мощность первой скорости (250 об/мин) - 2500 кВт, а второй (300 об/мин) – 4000 кВт. Каждая статорная обмотка двигателя соединена с питающими шинами 6 кВ двумя группами параллельных кабелей KL_1 - KL_5 протяженностью около 1 км и сечением $3 \times 95 \text{ мм}^2$, которые подключены к установленным в ячейках комплектных распределительных устройств (КРУ) силовым выключателям Q_1 и Q_2 . На кабели надеты трансформаторы тока нулевой последовательности (ТНП) TA_1 - TA_5 , вторичные обмотки которых включены между собой последовательно. При работе двигателя один из выключателей находится во включенном состоянии, а другой должен быть обязательно отключен, т.е. рабочий ток нагрузки протекает всегда только по одной группе параллельных кабелей, в то время как вторая группа кабелей находится под напряжением. В случае, когда статорные обмотки электродвигателя привода электрически связаны между собой и длина кабелей превышает 100 м, повышается вероятность замыкания фазы на землю и увеличивается величина перенапряжений на выводах электродвигателя, а также возрастает суммарный емкостной ток присоединения, что нежелательно и может значительно понизить чувствительность защиты от ОЗЗ.

Описанной выше схеме свойственны следующие недостатки: дороговизна; нечеткие действия защиты от замыканий фазы на землю; нет контроля нарушения контактного соединения групп питающих кабелей.

Для повышения надежности и уменьшения стоимости схемы подключения двухскоростных двигателей приводов, авторами предлагается усовершенствовать схему, преобразовав её к более простому виду, показанному на рисунке 1б. Как видно из рисунка 1б, обе статорные обмотки двухскоростного электродвигателя привода питаются от шин 6 кВ через одну группу параллельных кабелей KL_1 - KL_3 , подключенных к установленному в ячейке КРУ силовому выключателю Q_1 . Питание между статорными обмотками осуществляется за счет переключения вакуумных контакторов Q_2 и Q_3 с взаимоблокировкой, способных выполнять переключения пусковых токов двигателя.

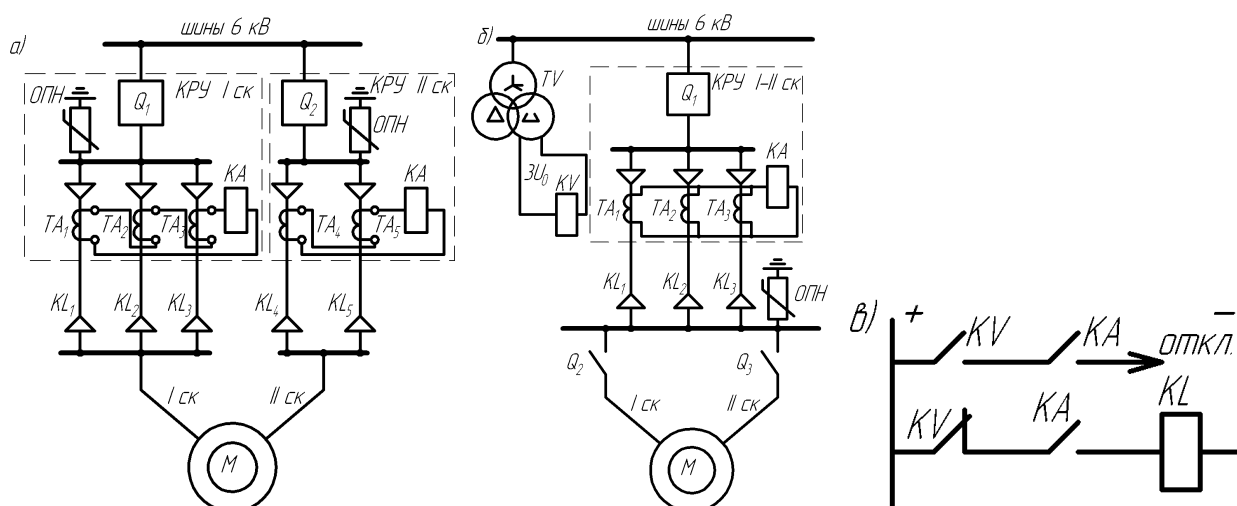


Рисунок 1 – Однолинейные схемы подключения двухскоростного электродвигателя привода и цепей релейной защиты

Проведя экономический анализ двух схем подключения, приведенных на рисунках 1а и 1б, при условии выбора одинакового оборудования было определено, что вариант б) в 1.7 раз экономичнее чем вариант а) за счет экономии дорогостоящего кабеля и другого оборудования.

В предлагаемой усовершенствованной схеме для существенного улучшения характеристик защиты от ОЗЗ вторичные обмотки ТТНП ТА₁-ТА₃ соединяют параллельно так как в таком случае зона несрабатывания защиты при одинаковых трансформаторах тока существенно меньше чем в случае последовательного соединения [1].

Изменение схемы соединения ТТНП также объясняется тем, что при нарушении одного из контактных соединений в кабельном пучке (например, фаза А), ток в соответствующей фазе А кабеля уменьшается. Но поскольку суммарный ток в поврежденной фазе А потребителя определяется в основном сопротивлением двигателя, а не кабеля (сопротивление кабеля слишком мало по сравнению с сопротивлением двигателя), суммарный ток в фазе А двигателя практически остаётся прежним. Следовательно, возрастает на соответствующую величину ток в фазе А оставшегося исправным кабеля. Предполагается, что ток в фазе А поврежденного кабеля продолжает протекать, но его величина уменьшилась по сравнению с током в фазах В и С т.е. сумма токов в фазах уже не равна нулю и появляется ток нулевой последовательности. Причем появившийся ток нулевой последовательности соизмерим с фазным током нагрузки. В результате ток в фазе неповрежденного кабеля увеличивается и становится больше токов в фазах В и С. Магнитные потоки создаваемые токами нулевой последовательности встречно направлены и соответственно токи во вторичных цепях ТТНП тоже разнонаправлены. При одинаковых первичных токах во вторичных обмотках ТТНП появляются разные по величине и электрическому углу электродвижущие силы, что приводит к появлению в защите от ОЗЗ тока небаланса. Проведенные эксперименты по определению влияния тока небаланса на действие защиты при различных схемах соединений их обмоток в основном совпали с указанными в [1].

Для улучшения работы защиты от ОЗЗ нами предложено также использовать информацию о напряжении нулевой последовательности, т.е. выполнить защиту «комбинированной», имеющей кроме токового органа, также пусковой орган по напряжению и действующей на отключение лишь при одновременном срабатывании обоих пусковых органов (рисунок 1в). При длительном срабатывании токового органа, и не сработавшем состоянии пускового органа по напряжению, предусмотрена выдача сигнала персоналу о неисправности в цепях, соединяющих электродвигатель привода с питающими шинами 6 кВ.

Для ограничения перенапряжений, возникающих во время дугowych или металлических замыканий фазы на землю, на присоединение электродвигателя в ячейке КРУ (рисунок 1а) устанавливают ограничители перенапряжений (ОПН). Однако, моделирование перенапряжений на выводах электродвигателя на основе модели, описанной в [2] с учетом распределенных ёмкостей фаз кабеля, показало, что величина перенапряжений на питающих шинах при дугowych замыканиях фазы на землю ниже величины перенапряжений на выводах двигателя и при длине кабеля более чем 800 м сечением 3х95 мм² их разница может составить порядка 3.5 кВ. Это подтверждают осциллограммы дугowych перенапряжений приведенные на рисунке 2.

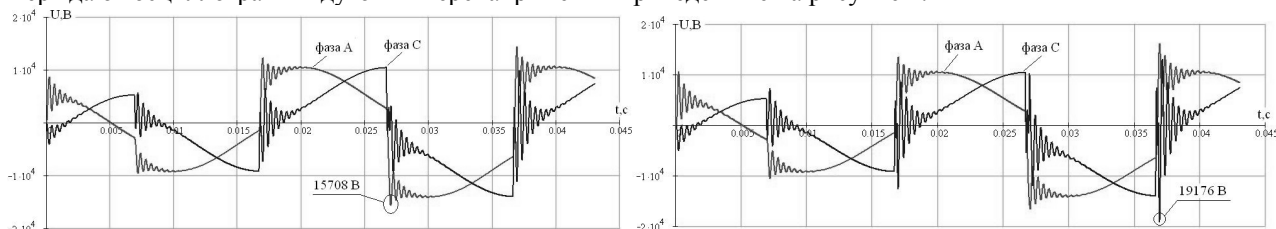


Рисунок 2 – Осциллограммы перенапряжений: а) на питающих шинах; б) на выводах двигателя

Поэтому для более эффективного ограничения перенапряжений рекомендуется устанавливать ОПН непосредственно перед самим электродвигателем привода (рисунок 1б).

Выводы:

1. Проведен анализ используемых схем подключения двухскоростных асинхронных электродвигателей большой мощности. Выявлен ряд недостатков, связанных с нерациональным использованием кабельных связей в схеме питания, возможностью ложного срабатывания защиты от замыканий фазы на землю при последовательном соединении ТТНП из-за появления во вторичных цепях токов небаланса, отсутствием контроля исправности контактных соединений кабелей и неэффективной установкой ОПН.

2. Для устранения недостатков предлагаются следующие мероприятия: 1) переход от схемы с двумя группами питающих кабелей (рисунок 1а) к схеме с одной группой, что позволит снизить затраты на подключение двухскоростного двигателя; 2) соединить вторичные обмотки ТТНП параллельно для уменьшения зоны несрабатывания релейной защиты от замыканий фазы на землю; 3) выполнить защиту «комбинированной», т.е. имеющей кроме токового органа также пусковой орган по напряжению; 4) установить ОПН на шинах, к которым подключены вывода электродвигателя (рисунок 1б).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шалин А.И., Хабаров А.М. Электродвигатели 6–10 кВ. Защита от замыканий на землю при подключении несколькими кабелями. // информационно-справочное издание «Новости электротехники» <http://www.news.elteh.ru/arh/2007/46/09.php> 2. Сивокобыленко В.Ф., Лебедев В.К., Коваленко Е.В., Маслова А.И. Математическое моделирование переходных процессов в распределительных сетях 6-10 кВ // Научные труды ДонНТУ. Серия: «Электротехника и Энергетика», выпуск 7(128): Донецк, ДонНТУ, 2007. с. 132-137.