

Збірник тез I Міжн. наук.-практ. конф. – Київ: НУБіП, – 2021. – С. 95–97.

2. Болтянський О.В., Визначення напрямів енергозбереження в сільському господарстві. / О.В. Болтянський // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, – 2020. – Вип. 10. – т. 1.

3. Болтянський О.В. Напрями енергоефективного розвитку агропромислового комплексу України. / О.В. Болтянський // Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції «Біоенергетичні системи». – Житомир: ЖНАУ, – 2020. – С. 15–19.

**Дайнеко В.А., к.т.н., доцент, Прищепова Е.М., к.т.н.,  
Базулина Т.Г., Крупеня В.И.**

**УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Республика Беларусь  
ВЫБОР И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
АСИНХРОННОГО ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО  
ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

Выбор преобразователей частоты (ПЧ) определяется характером нагрузки на валу электродвигателя. ПЧ можно разделить на три группы: преобразователи со *скалярным управлением* (регулирование по вольт-частотной характеристике с возможностью подстройки напряжения на низких частотах); *векторные* ПЧ, обеспечивающие поддержание потокосцепления; ПЧ с *прямым управлением моментом и потокосцеплением* асинхронного электродвигателя (АД).

При выборе АД, управляемого от скалярного ПЧ, проверяют пусковой момент и возможность разбега и торможения привода за расчетное время, для чего определяют момент инерции механизма, приведенный к валу АД. Процесс торможения без тормозного резистора (только с помощью инвертора) рассчитывается, исходя из потерь в ЭД и инверторе. При необходимости рассеивания тормозной энергии из-за большого момента инерции подключают внешний тормозной резистор.

Настройка ПЧ под характеристику нагрузочного момента состоит в определении минимальной (базовой) частоты (обычно 50–60 Гц) и максимальной частоты (обычно 50, 60, 120, или 400 Гц) на

выходе. Нагрузочную характеристику с постоянным моментом имеют, например, транспортеры и другие механизмы, у которых момент сопротивления не зависит от скорости; вентиляторы и насосы характеризуются изменяющимся моментом сопротивления (он пропорционален квадрату частоты вращения вала). Характер нагрузки влияет на вольт-частотную характеристику преобразователя (например, для транспортеров она линейная, для вентиляторов и насосов – квадратичная), что необходимо учитывать при наладке частотно-регулируемого электропривода. Для сохранения магнитного потока машин на низких частотах, падение напряжения на активном сопротивлении обмотки статора необходимо компенсировать или увеличением выходного напряжения в диапазоне пониженных скоростей с помощью регулирования без обратной связи, или стабилизацией выходного напряжения по активной составляющей выходного тока преобразователя.

При определении нагрузочных возможностей ПЧ необходимо выполнять требования к параметрам питающей сети и качеству питающего и выходного напряжения. Следует учитывать, что при питании от однофазной сети 230В трехфазное линейное напряжение на выходе ПЧ не превышает 220 В, поэтому обмотки АД должны включаться «треугольником».

Одна из проблем ЧРП – перегрев АД на низкой скорости из-за уменьшения охлаждающей способности самовентилируемых ЭД; для предотвращения их перегрева нужно или снижать загрузку, или применять внешний вентилятор для обдува. В некоторых случаях вентиляторы и погружные насосы могут самораскручиваться в противоположную сторону обратными потоками воздуха или воды (турбинное вращение), поэтому активизируют функцию самосинхронизации ПЧ, или функцию торможения постоянным током перед стартом ЭП. При тяжелом пуске ЭП заполненного материалом шнекового транспортера, кратковременно запускают ПЧ в реверсивном режиме, а после освобождения шнека привод переключают на прямое вращение с плавным пуском.

При параллельном подключении на выход ПЧ нескольких электродвигателей (возможно только при скалярном управлении), мощность преобразователя выбирают с запасом на 10–15 % суммарной мощности всех АД.

При определении допустимой длины моторного кабеля, длины всех участков суммируются, или оптимизируется схема подключения двигателей. При использовании экранированных кабелей, допустимая длина указывается в руководстве по эксплуатации ПЧ. Длина неэкранированного кабеля может быть увеличена на 50 %. В некоторых случаях необходимо включать на выходе ПЧ моторный дроссель, устанавливаемый в непосредственной близости от преобразователя, для компенсации емкостных токов в длинном кабеле. Такой дроссель необходим при длине кабеля 50–200 м; он отфильтровывает импульсные помехи, снижает перенапряжения в изоляции АД. Обеспечение электромагнитной совместимости требует соблюдения правил монтажа шкафа управления, а также правил прокладки силовых и контрольных кабелей. Сетевой дроссель, повышающий коэффициент мощности привода и снижающий влияние высших гармоник, генерируемых инвертором ПЧ, обязательно включается между источником питания и ПЧ, если мощность источника в шесть и более раз превышает мощность ПЧ. Дроссель также необходим, если длина питающего кабеля меньше 10 м. Сетевой дроссель ограничивает скорость нарастания тока в силовых модулях ПЧ и защищает силовые диоды и транзисторы от пробоя при внутренних коротких замыканиях и различного вида перенапряжениях в сети.

Для защиты силовых модулей ПЧ от коротких замыканий и перегрузок по току допустимо применение или специальных быстродействующих плавких предохранителей, или автоматических выключателей с защитной характеристикой типа «В». При подключении нескольких АД разной мощности к одному ПЧ следует обеспечить защиту каждого двигателя индивидуальными электротепловыми реле.

Перед технической эксплуатацией частотно-регулируемого ЭП проверяют исправность аппаратов защиты, состояние электродвигателя, состояние ПЧ и работоспособность системы охлаждения, проверяют сопротивление изоляции между клеммами ПЧ и корпусом. При работе в векторном режиме перед первым пуском должна быть проведена автоматическая настройка параметров АД.

#### Список использованных источников

1. Фираго, Б.И. Векторные системы управления электроприводами: учебное пособие / Б.И. Фираго, Д.С. Васильев. – Минск : Вышэйшая школа, 2016. – 159 с.

2. www.eaton.com

3. Дайнеко В.А. Технология ремонта и обслуживания электрооборудования : учеб./ В.А. Дайнеко. – 3-е изд., испр. и доп. – Минск : РИПО, 2022. – 383 с.

**Збродыга В.М., к.т.н., доцент, Зеленкевич А.И., к.т.н.,  
Янукович Г.И., к.т.н., профессор**  
**УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Республика Беларусь**  
**СООТНОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ ТРАНСФОРМАТОРА  
«ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК С ЗИГЗАГОМ»**

Первичная обмотка трансформатора [1, 2] соединена в звезду без нулевого провода, состоящая из двух одинаковых половин вторичная обмотка – в треугольник (рисунок 1).

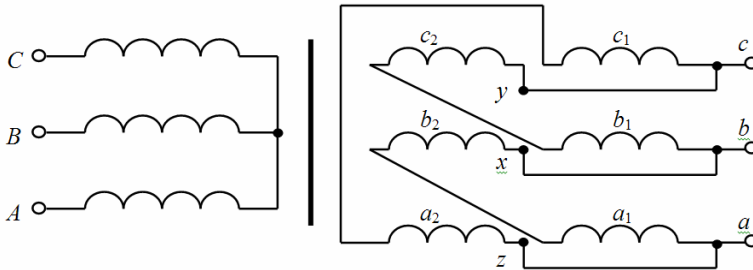


Рисунок 1 – Схема соединения обмоток трехфазного трансформатора «звезда-треугольник с зигзагом»

При работе трансформатора на несимметричную нагрузку фазные напряжения его первичной обмотки могут содержать составляющие прямой, обратной и нулевой последовательностей:

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0}; \underline{U}_B = \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{B2} + \underline{U}_{B0}; \underline{U}_C = \underline{U}_{C1} + \underline{U}_{C2} + \underline{U}_{C0}, (1)$$

где  $\underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1}, \underline{U}_{A2}, \underline{U}_{B2}, \underline{U}_{C2}, \underline{U}_{A0}, \underline{U}_{B0}, \underline{U}_{C0}$  – напряжения, соответственно, прямой, обратной, нулевой последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, В.