

THERMAL PROTECTIONS TO PROTECT INDUCTION MOTORS

Asainov G.Zh.¹, Kassimova G.D.² (Republic of Kazakhstan)

Email: Asain563@scientifictext.ru

¹Asainov Gibrat Zholamanovich – PhD in Electrical power engineering, Senior Lecturer,
DEPARTMENT OF ELECTRIC POWER SUPPLY;

²Kassimova Gulden Davleshovna - Master of engineering, Senior Lecturer,
DEPARTMENT OF RADIO ENGINEERING, ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATION,
S. SEIFULLIN KAZAKH AGROTECHNICAL UNIVERSITY,
NUR-SULTAN, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract: this article discusses the protection of induction motors (IM) with voltages up to 1000 V. Their main characteristics and parameters. Circuit breakers with thermal release, types of thermal relays as well as their advantages and main disadvantages. It was also found that at present, a thermal relay of a magnetic starter or a thermal release of a circuit breaker is used to protect against overheating. However, these protections do not always adequately respond to overheating of the stator winding due to the fact that its operation is based on measuring the current IM.

Keywords: induction motors, overheating, automatically circuit breaker, thermal relay, magnetic starter.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАЩИТЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Асаинов Г.Ж.¹, Касимова Г.Д.² (Республика Казахстан)

¹Асаинов Гибрат Жоламанович – доктор (PhD) электроэнергетики, старший преподаватель,
кафедра электроснабжения;

²Касимова Гульден Давлешона – магистр технических наук, старший преподаватель,
кафедра радиотехники, электроники и телекоммуникаций,
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Аннотация: в данной статье рассматривается защита асинхронных двигателей (АД) с напряжением до 1000 В. Их основные характеристики и параметры. Автоматические выключатели с тепловым расцепителем, виды тепловых реле, а также их достоинства и основные недостатки. Выяснено также, что в настоящее время для защиты от перегрева используется тепловое реле магнитного пускателя или тепловой расцепитель автоматического выключателя. Однако эти защиты не всегда адекватно реагируют на перегрев обмотки статора из-за того, что ее работа основана на измерении тока АД.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, перегрев, автоматический выключатель, тепловое реле, магнитный пускатель.

В настоящее время для защиты низковольтных электрических машин от перегрева обмотки статора используют автоматические выключатели с тепловыми расцепителями [1]. В случае применения магнитных пускателей для управления работой ЭМ эту роль выполняют тепловые реле. Защита высоковольтных ЭМ от перегрева осуществляется с помощью защит от перегруза и повышенного напряжения с использованием электромагнитных или микропроцессорных реле.

Автоматические выключатели с тепловым расцепителем (для защиты от перегрузки); АЕ 1031-М2, А3114, А3712Б, ВА5731-33.

Защиту от токов перегрузок выполняет тепловой расцепитель. Тепловой расцепитель представляет собой биметаллическую пластинку из двух металлов с различными коэффициентами удлинения. При прохождении тока через нагреватель пластинка нагревается и, изгибаясь, при определенном значении тока размыкает цепь. Контакт 2 главной цепи замыкают вручную кнопкой или рукояткой. В замкнутом положении он удерживается защелкой 3. При прохождении по цепи тока, величина которого меньше определенного, пластина 7 нагревается слабо и изгиб ее недостаточен для того, чтобы передать усилие на защелку 3. Когда по спирали нагревателя 6 будет проходить ток, величина которого превысит определенное значение, то через некоторое время правый конец пластины 7 изогнется настолько, что штифт 11 приводит в действие приводной рычаг 5 и толкатель 4 поднимет рычаг защелки 3 и под действием пружины 1 разомкнется контакт 2. Тепловой расцепитель не имеет постоянного времени отключения автомата, его время срабатывания зависит от величины тока перегрузки.

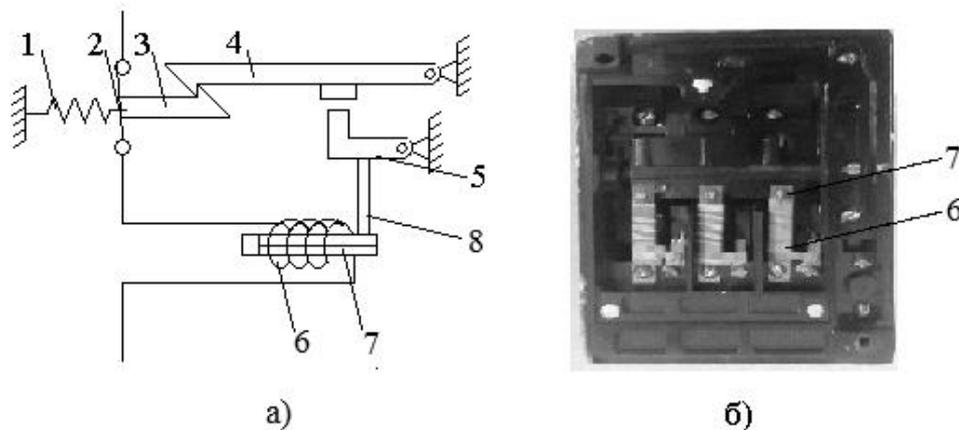


Рис. 1. Автоматический выключатель с тепловым расцепителем

Для защиты от перегрузки выбирается автоматические выключатели с тепловым или с комбинированным расцепителем. Правильно настроенная защита от перегрузок не должна срабатывать при пусках и самозапуске электродвигателей. Поэтому для АД с условием пуска 2 – 7 секунд ток срабатывание выбирается по выражению:

$$I_{cp} \geq I_{ном} * k_{отс} / k_B = (1,25 - 1,4) I_{ном} \quad (1)$$

Для автоматических выключателей А3100, А3700, АП-50 с тепловым и комбинированным расцепителем $k_{отс} = 1,25$ $k_B = 1$.

Для АД с условием пуска 20 секунд и более ток срабатывание выбирается по выражением:

$$I_{cp} \geq (1,4 - 1,7) I_{ном} \quad (2)$$

Таблица 1. Характеристики автоматических выключателей

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Ток уставки теплового расцепителя, А	Предельный ток отключение, кА
АП50Б 3Т	50	1.6, 2.5, 4, 6.3, 10, 16, 25, 40, 50, 63	0.3-6
А3114	100	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 85, 100	1-12
А3712Б	630	250, 300, 400, 500, 630	5.5-40
АЕ2043Г	31.5, 40, 50, 63	31.5, 40, 50, 63	4
ВА5731-33	1200	400, 800, 1200	6-40
Э06	250, 400, 630, 800	250, 400, 630, 800	5-60

Магнитным пускателем называется автоматический контактор, предназначенный для пуска, остановки, защиты от перегрузки и для автоматического отключения электродвигателя при исчезновении напряжения. Конструктивно любой магнитный пускатель состоит из стационарно закрепленной части и подвижного якоря как показана на рисунке 2, где 1 – стационарные контакты, 2 и 3 сердечники магнитопровода, 4 – катушка с обмоткой, 5 – пружина, 6 – подвижной якорь, 7 – контакт подвижного якоря.

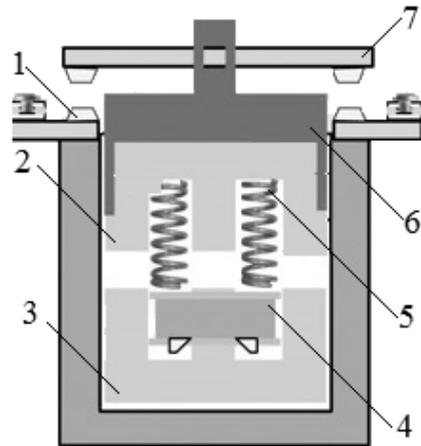


Рис. 2. Принцип устройства магнитного пускателя

Так же магнитный пускатель – низковольтный коммутационный аппарат, предназначенный для дистанционного управления АД.

Он совмещает в себе функции аппарата управления и защиты. В комплекте с тепловым реле пускатель выполняет защиту электродвигателя от перегрузки. На рисунке 3 показана принципиальная схема магнитного пускателя теплового реле.

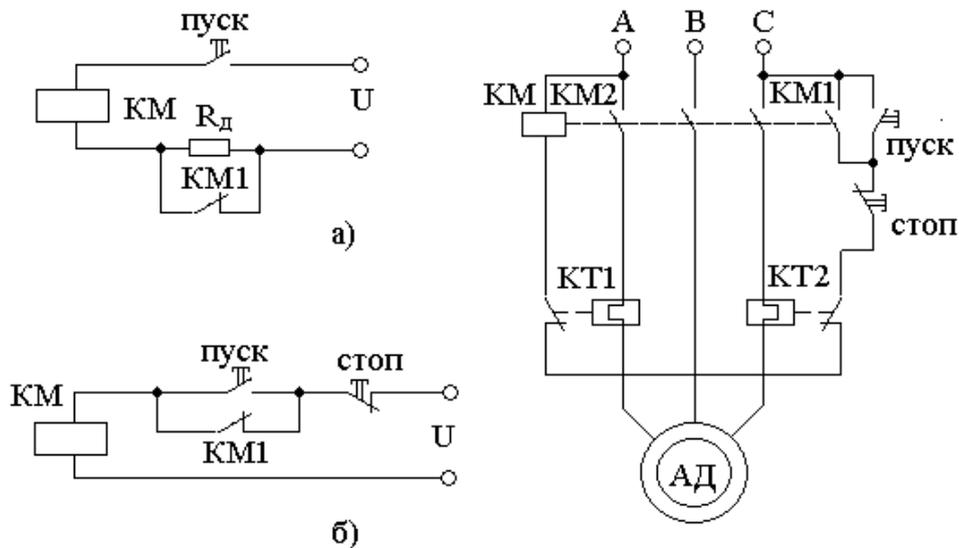


Рис. 3. Принципиальная схема магнитного пускателя

При исчезновении напряжения или его снижении на 40-60% от номинального, силовые контакты размыкаются (осуществляется нулевая защита).

Нереверсивный электромагнитный пускатель состоит из одного трёхполюсного контактора и трёхэлементного теплового реле.

Реверсивный – из двух контакторов и теплового реле. Реверсивные пускатели имеют механическую блокировку для исключения одновременного включения двух контакторов. Наиболее распространены электромагнитные пускатели серии ПМЛ, ПМА, ПМЕ.

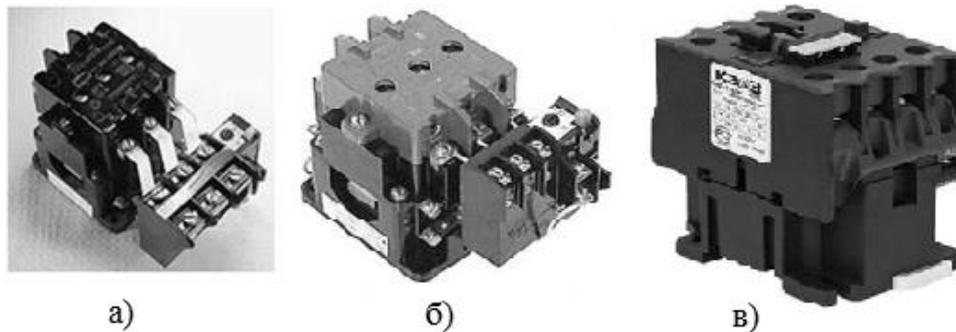


Рис. 4. Магнитные пускатели

Электромагнитные пускатели и контакторы выбирают по номинальному напряжению, номинальному току, по напряжению катушки и по конструктивному исполнению.

По степени защиты от окружающей среды магнитные пускатели выпускаются:

- открытого исполнения;
- защищённого исполнения;
- пыле-влагозащищённого исполнения.

По электрическому исполнению магнитные пускатели выполняются:

1. Нереверсивный, без теплового реле.
2. Нереверсивный, с тепловым реле.
3. Реверсивный, без теплового реле.
4. Реверсивный, с тепловым реле.

Пускатели электромагнитные малогабаритные серии ПМЛ предназначены для применения в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трёхфазных АД с короткозамкнутым ротором на напряжение до 660 В переменного тока 50 и 60 Гц [2].

Таблица 2. Характеристики магнитных пускателей серии ПМЛ

Тип пускателя	Номинальный ток	Наличие теплового реле	Предельная мощность АД при напряжении 380В, кВт
ПМЛ 1100	10	Нет	5,5
ПМЛ - 2201	25	РТЛ	11
ПМЛ - 4160	63	Нет	30
ПМЛ-4260Д1М	80	РТЛ	37

Магнитные пускатели серий ПМА предназначены для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети и отключения трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. При наличии трехполюсных тепловых реле серий РТТ и РТЛ пускатели, осуществляя защиту управляемых АД от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз. Пускатели пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники при шунтировании включающей катушки помехоподавляющим устройством или при тиристорном управлении [3].

Пускатель электромагнитный серии ПМА 3000 ПМА 4000 ПМА 5000 ПМА 6000 Технические характеристики Номинальный ток (А)

- 40-ПМА 3000,
- 63-ПМА 4000,
- 100-ПМА 5000,
- 160-ПМА 6000

Структурное обозначение магнитных пускателей серии ПМА, пример ПМА – 3210:

- 3 – величина пускателей в зависимости от номинального тока;
- 2 – наличие теплового реле;
- 1 – степень защиты;
- 0 – род тока цепи управление.

Пускатели серий ПМЕ - предназначены для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети и отключения трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. Защиту АД от перегрева осуществляется при помощи теплового реле ТРН.

Таблица 3. Выбор пускателя серии ПМЕ в зависимости от мощности АД

Напряжение сети, В	Мощность управляемых АД, кВт					
	220	3	5,5	11	18,3	30
380	4	11	18,5	30	45	75
440			22	33	50	
500			15	25	37	
660	3,7	11	22	33		100
Величина	I	II	III	IV	V	VI

Структурное обозначение магнитных пускателей серии ПМЕ X1 X2 X3

X1 – величина пускателя;

X2 – степень защиты;

X3 – наличие теплового реле.

Без магнитных пускателей тепловое реле использовать не рекомендуется. Действие теплового реле основано на изгибании биметаллической пластинки при ее нагревании, биметаллическая пластина является наложенным друг на друга и сваренные между собой две полоски из металлов с разными коэффициентами линейного расширения. При нагреве биметаллические пластины удлиняются неодинаково в свою очередь, нагреваясь за счет выделенного током тепла, пластины изгибаются, и при определенном значении тока приводит в действие контакт реле. Порядок включения магнитного пускателя вместе с тепловым реле показано на рисунке 5, где: 1 – АД, 2 – тепловое реле, 3 – магнитный пускатель, 4 – водный автомат, 5 – кнопка пуска и отключения.

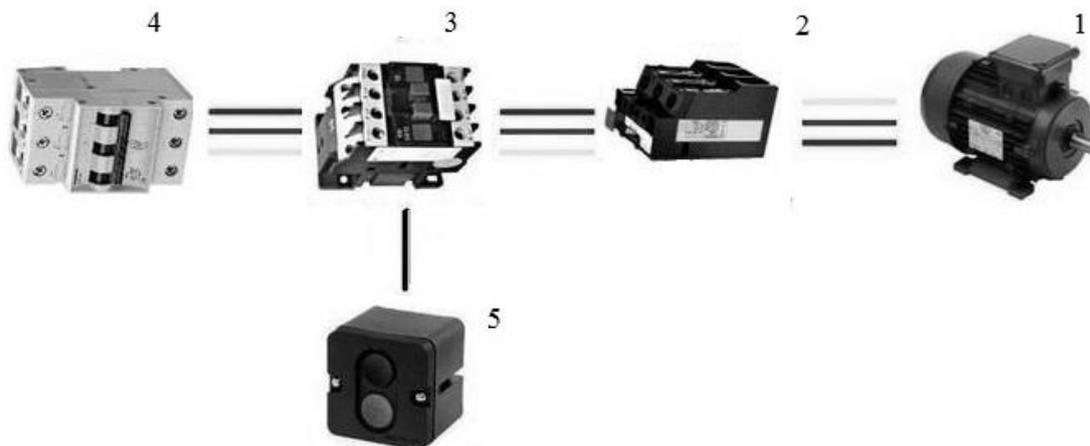


Рис. 5. Порядок включение защиты АД

В тепловом реле ток защищаемого двигателя пропускает через себя специальный нагревательный элемент, либо через биметаллическую пластину, а иногда и комбинированно, через нагревательный элемент и через биметаллические пластины. Очевидно, что чем больше ток, тем больше и быстрее изогнется пластина, и тем самым срабатывает тепловое реле [4].

Тепловое реле имеет несколько возможностей такие как реле с примым нагревом биметаллической пластины который имеет малые постоянного времени, реле с косвенным и нагревом другой является характером нагрева чем в обмотке стартера.

Тепловое реле без котакторов или пускателей не используется самые распространенные из них ТРН, РТЛ и РТТ.

Реле серии ТРН - с температурной компенсацией предназначены для защиты электроустановок от перегрузок при длительных режимах работы.

Реле рассчитаны для работы в сетях переменного тока частоты 50Гц и 60Гц с напряжением до 500В (ТРН-10), 660В (ТРН-25, ТРН-40) и постоянного тока на напряжение до 440В [5].

Тепловые элементы, использующиеся в реле, имеют следующие номинальные токи:

0,5А 0,63А 0,8А 1,0А 1,25А 1,6А 2А, 2,5А 3,2А 4А 5А 6,3А 8А 10А 12,5А 16А 20А 25А 32А 40А

Реле не защищают от коротких замыканий, и соответственно самим реле необходима такая защита.

Реле используются в открытых и закрытых комплектных устройствах станций управления электроприводами. Конструкция и размеры реле обеспечивают их комплектное встраивание в пускатели серии ПМЕ и типа ПА-300 (ПАЕ-300).

Тепловое реле ТРН как показано на рисунке 6 состоит из 1 – защелки, 2- штанга расцепителя, 3 – контакты реле, 4 – пружины, 5 – нагревательных элементов, 6 – талкателя, 7 – биметаллическая пластина, 8 – температурный компенсатор, 9 – регулятор тока срабатывание.

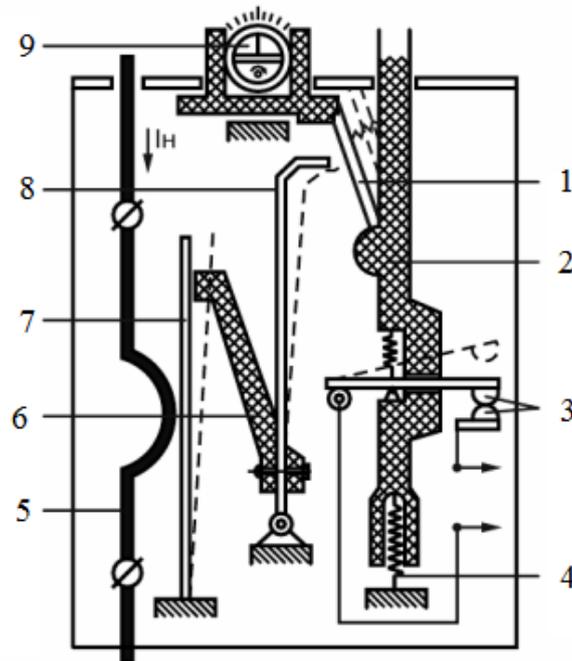


Рис. 6. Тепловое реле

Пределы регулировки номинального тока уставки (при крайних положениях регулятора) составляют:

$(0,8—1,2) \pm 0,08 I_n$ — для реле ТРН-8А, ТРН-10А;

$(0,75—1,3) \pm 0,08 I_n$ — для реле остальных типов.

Ток уставки относится к любой температуре окружающего воздуха и любому положению регулятора Уставки. Благодаря наличию в реле температурной компенсации ток уставки практически не зависит от температуры воздуха в месте установки реле и может изменяться в пределах $\pm 3\%$ от номинального тока [6].

Уставки на каждые 10° изменения температуры окружающего воздуха от $+20^\circ$ [7].

Защитные характеристики тепловых реле ТРН показано на рисунке 7 по определяющие время срабатывания T в зависимости от значения перегрузки k , где: а) – защитные характеристики ТРН - 10, б) – защитные характеристики ТРН – 60.

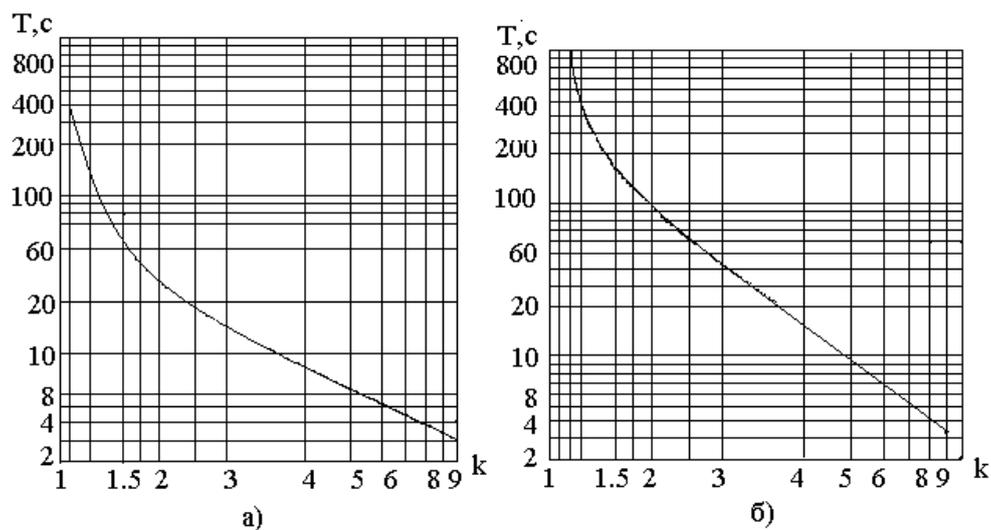


Рис. 7. Защитные характеристики тепловых реле ТРН

Тепловые реле применяются для АД продолжительного режима работы (рабочий период которых продолжается не менее 30 мин) с целью защиты их от нагрева до опасных температур при длительных перегрузках. Часто тепловые реле объединяют с линейным контактором в один аппарат – магнитный пускатель [8; 9].

Реле тепловые РТЛ, РТТ предназначены для защиты трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором от длительных перегрузок, а также от перегрузок, возникающих при обрыве одной из фаз.

Таблица 4. Характеристики тепловых реле серии РТТ и РТЛ

Тип исполнение	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В		Диапазон номинальных токов теплового элемента, А
		перемен. тока	постоян. тока	
РТЛ-1	25	до 660	до 440	0,1 -25,0
РТЛ-2	80	до 660	до 440	23,0-86,0
РТТ-5-10	10	до 660	до 440	0,2-10,0
РТТ-1	25	до 660	до 440	0,20-25,0
РТТ-2	40	до 660	до 440	10,0-63,0
РТТ-3	160	до 660	до 440	80,0-160

Таблица 5. Типы реле, используемые с пускателями ПМЛ, ПМ12, ПМЕ, ПМА

ПМЛ12-010	РТТ-5-10
ПМЛ 1000	РТЛ-1...
ПМЛ 2100, 3100, 4100	РТЛ-2...
ПМ12-025	РТТ-141
ПМЕ 20	РТТ-111 или РТТ-141
ПМА 3100 и ПМ12-040	РТТ-2
ПМ12-100, ПМА 6000	РТТ-321

Таблица 6. Пределы регулируемых токов реле РТТ

Номинальный ток тепловых элементов, А	Диапазон регулирования номинального тока, А	Номинальный ток тепловых элементов, А	Диапазон регулирования номинального тока, А
10,0	8,5-11,5	32,0	27,2 - 36,8
12,5	10,6-14,3	40,0	34,0 - 46,0
16,0	13,6-18,4	50,0	42,5-57,5
20,0	17,0-23,0	63,0	53,5-63,7
25,0	21,2-28,7		

Список литературы / References

1. Тубис Я.Б., Белов Г.К. Температурная защита асинхронных двигателей в сельскохозяйственном производстве. М.: Энергия, 1977. 104 с.
2. Мусин А.М. Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты. М.: Колос, 1979. 112 с.
3. Грундулис А.О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве – Изд. 2-е, перер. и доп. - М.: Агропромиздат, 1988. 111 с.
4. Бойко Е.П., Гаинцев Ю.В., Ковалев Е.В. и др. Асинхронные двигатели общего назначения / под ред. В.М. Петрова, А.Э. Кравчика. М.: Энергия, 1980. 488 с.
5. Справочник по электрическим машинам / под ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. М.: Энергоатомиздат, 1988. Т. 1. 456 с.
6. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. М.: Энергия, 1980. 909 с.
7. Калявина А.Н., Мазур. А.Я. Электрические машины. М: Высшая школа, 1971. 357 с.
8. Дмитриев В.Н. Проектирование и исследование асинхронных двигателей малых мощности: учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2006. 92 с.

9. *Вольдек А.И., Попов В.В.* Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2007. 350 с.