

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Электроэнергетический факультет  
Кафедра электроснабжения и эксплуатации электрооборудования**

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника  
Профиль - Электроснабжение

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА  
«Обоснование методов пуска асинхронных двигателей  
в электрических сетях малой мощности»**

Студент:  
1 группа, 5 курс

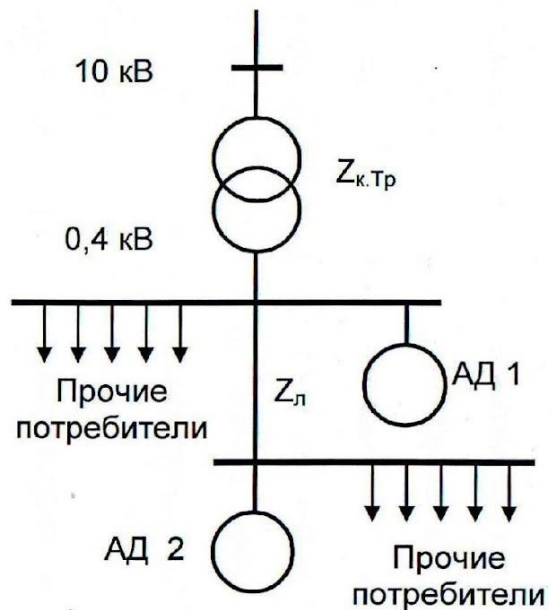
Козлов А.С.

Руководитель:

к.т.н., доцент Кобозев В. А.

Ставрополь, 2019

## Типичная схема участка сети с асинхронными двигателями

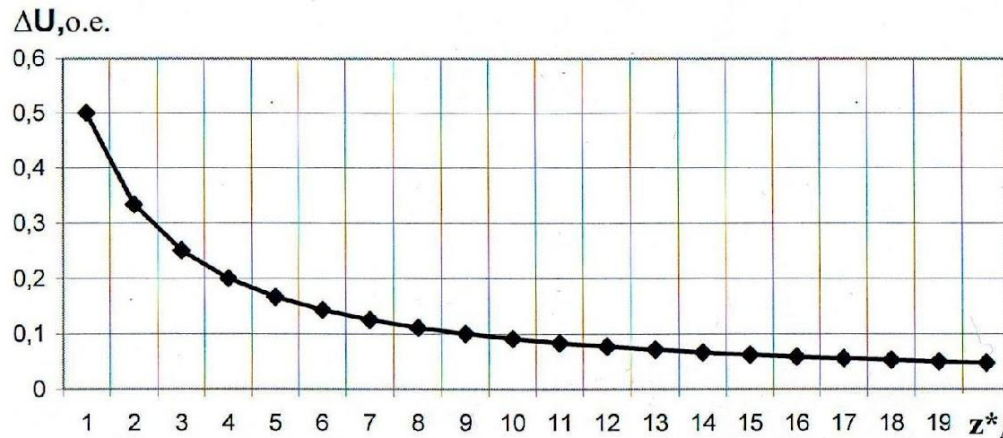


Условие успешного пуска при пониженном напряжении

$$U^*_{доп} \geq \sqrt{\frac{\mu_c (1 + \mu_{изб})}{\mu_n}}$$

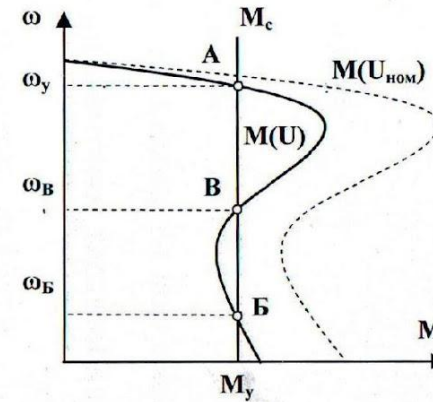
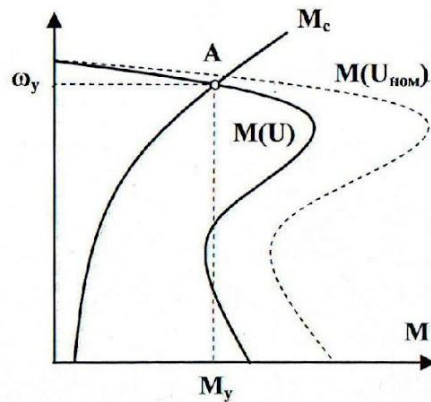
$\mu_c$ ,  $\mu_n$ ,  $\mu_{изб}$  - средние значения момента сопротивления, момента АД и избыточного момента при пуске

## Отклонения напряжения при пуске мощных АД



$z^* = \frac{z_{д}}{z_c}$  - относительное сопротивление короткого замыкания АД

Механические характеристики АД и рабочих механизмов



Потери энергии в роторе при пуске в одну ступень

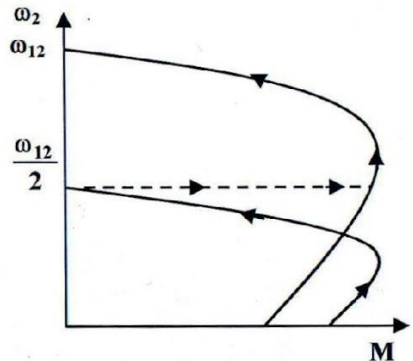
На холостой ход

$$\Delta W_{n2} = \frac{J_{\Sigma} \omega_1^2}{2}$$

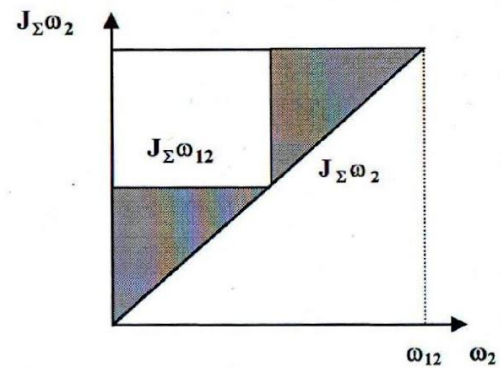
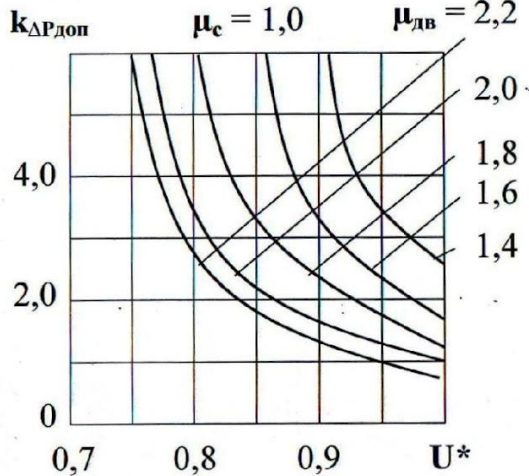
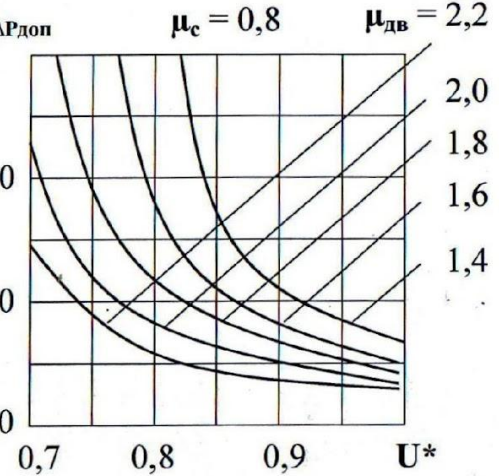
Под нагрузкой

$$\Delta W_{n2} = \frac{J_{\Sigma} \omega_1^2}{2} \times \frac{M_D}{M_D - M_C}$$

Механические характеристики и потери энергии при пуске в две ступени



Зависимости коэффициента увеличения нагрузочных потерь от напряжения



Потери при n-ступенчатом пуске

$$\Delta W_{n2} = \frac{1}{n} \times \frac{J_{\Sigma} \omega_1^2}{2}$$

# Устройства плавного пуска (УПП)

Изменения напряжения, тока и момента АД при различных способах пуска



Реализуемые УПП схемы пуска

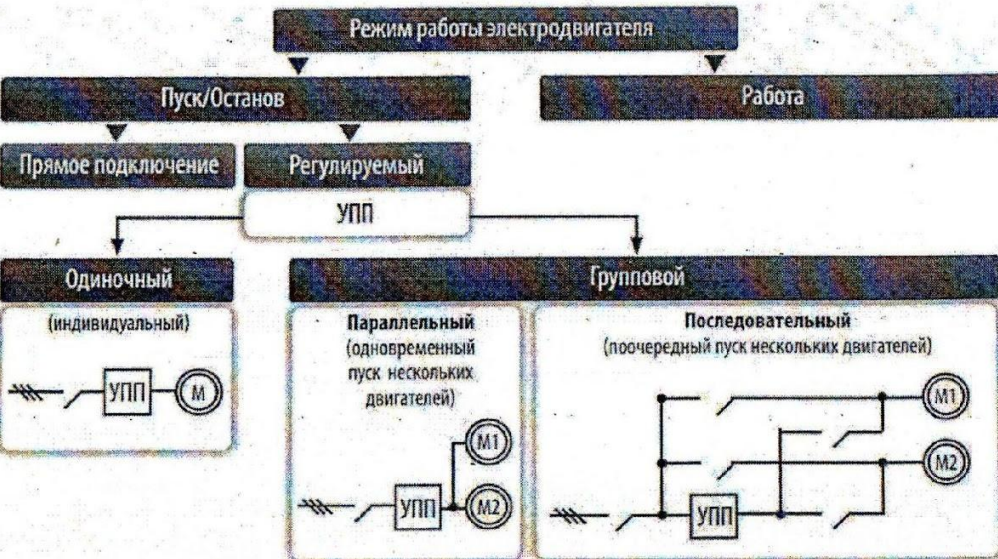
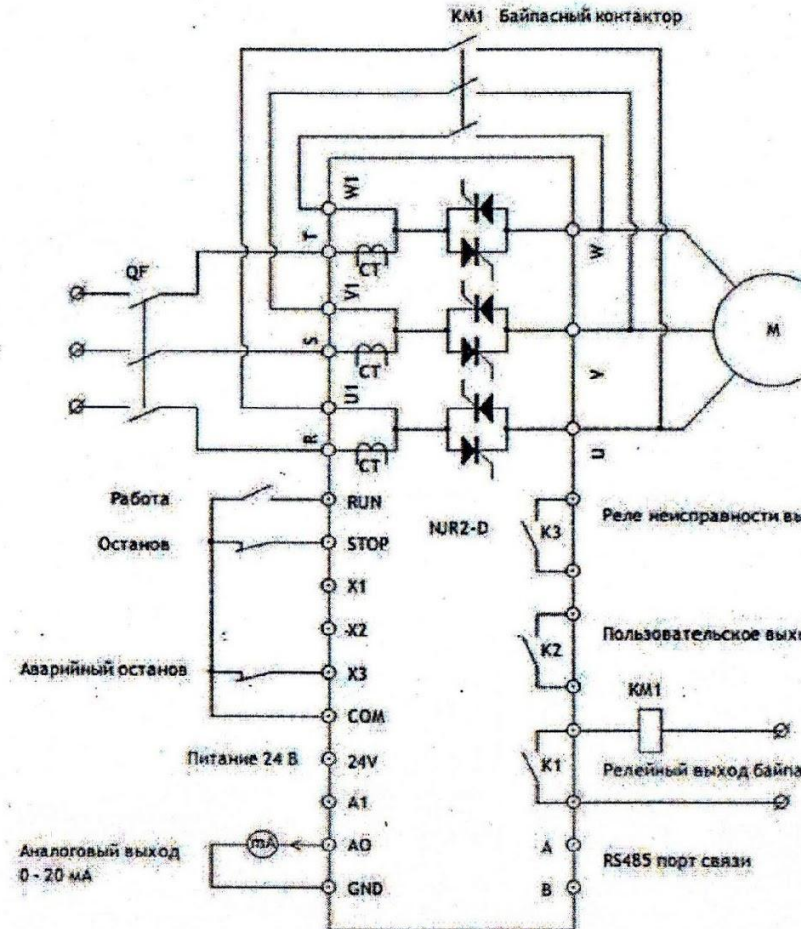
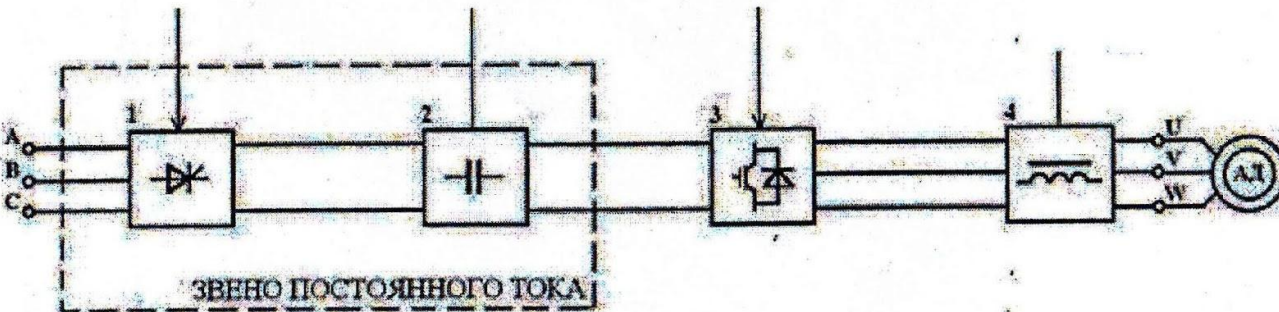


Схема внешних подключений УПП NJR2

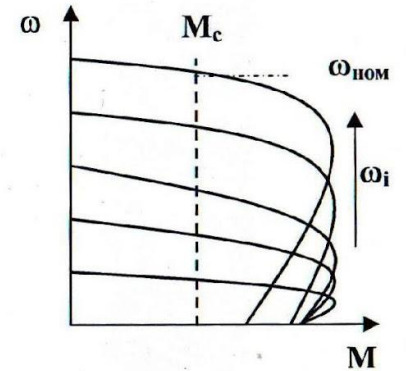


# Частотный пуск

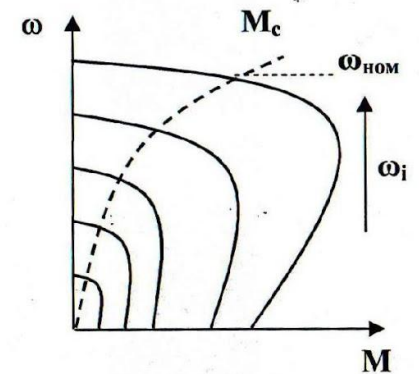
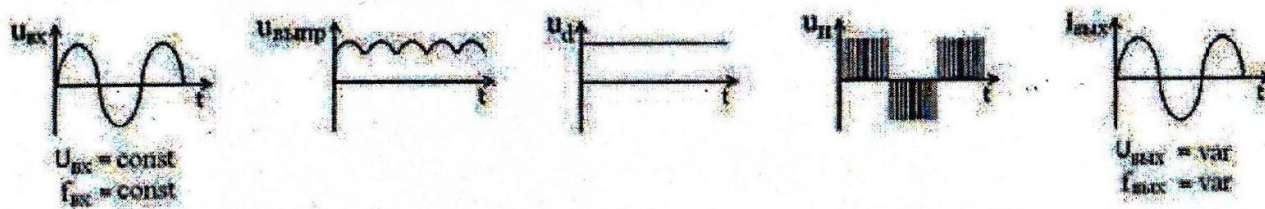
Структурная схема преобразователя частоты



Механические характеристики АД при частотном пуске с постоянным и возрастающим моментом сопротивления



Временные диаграммы на элементах схемы





Юр. и Факт. адрес: 124482, г. Москва, г. Зеленоград, Савелкинский проезд, д.4, этаж 7, офис 701  
 Тел. +7 (495) 981-54-56, 8(800)505-07-56 E-mail: info@lider-privod.ru Web: www.lider-privod.ru

**УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА**  
 серии ЛД-1100

Устройство плавного пуска серии ЛД-1100 обеспечивает плавный разгон и торможение электродвигателя, тем самым снижает нагрузку на электросеть и пускаемые механизмы. Данную задачу ЛД-1100 реализует за счёт ограничения пускового тока и крутящего момента путём плавного нарастания подаваемого напряжения на электродвигатель. Схема подключения без использования контактора!

Основные технические характеристики:

- ✓ Напряжение питания 380В, 50 Гц;
- ✓ Максимальное время пуска 2-60 сек.;
- ✓ Ограничение пускового тока до 500% от номинального тока двигателя;
- ✓ Защита электродвигателя (короткое замыкание, перенапряжение, падение напряжения, перегрузка, обрыв фазы, перегрузка по току и др.);
- ✓ Рабочая температура от -20 до +45°С, относительная влажность воздуха не более 90% без образования конденсата. Гарантия на УПП -36 месяцев!

Модель	Мощность (кВт)	Номинальный ток (А)	Цена (руб. с НДС)	Габаритный размер (В/Ш/Г)	Вес (кг)
ЛД-1100-4Т-0075	7,5	15	18 000	330/145/215	6
ЛД-1100-4Т-0150	15	30	19 000	330/145/215	6
ЛД-1100-4Т-0220	22	43	22 000	330/145/215	6
ЛД-1100-4Т-0300	30	60	24 000	330/145/215	6
ЛД-1100-4Т-0370	37	75	26 400	330/145/215	6
ЛД-1100-4Т-0450	45	90	31 000	330/145/215	6
ЛД-1100-4Т-0550	55	110	40 000	380/210/255	12
ЛД-1100-4Т-0750	75	150	46 000	380/210/255	12
ЛД-1100-4Т-0900	90	180	64 000	380/210/255	12
ЛД-1100-4Т-1150	115	230	74 000	520/325/260	23
ЛД-1100-4Т-1320	132	264	90 000	520/325/260	23
ЛД-1100-4Т-1600	160	320	95 000	520/325/260	23
ЛД-1100-4Т-2000	200	400	110 000	645/490/310	34
ЛД-1100-4Т-2500	250	500	120 000	645/490/310	34
ЛД-1100-4Т-2800	280	560	130 000	645/490/310	34
ЛД-1100-4Т-3200	320	630	145 000	840/685/420	78

**ВНИМАНИЕ!** Номинальный ток двигателя не должен превышать номинальный ток УПП!

✓ А-300 серия универсальных частотных преобразователей (Станок / Вентилятор-насос (А))  
 Данная серия преобразователей частоты подходит для оборудования с тяжелым пуском, постоянной переменной нагрузкой (станки, экструдеры, куттеры, конвейеры а так же насосы и вентиляторы).

✓ Основные характеристики  
 напряжение питания 3x380В±15%, входная частота 50Гц±5%, напряжение на выходе 3x(0...380)В, частота на выходе 0-300 Гц, несущая частота ШИМ 1...16 кГц, рабочая температура окружающей среды -10...+40°С, температура окружающей среды хранения -20...+60°С, встроенный ПИД-регулятор, перегрузочная способность до 200%, автоматическим подъемом крутящего момента, функция коррекции скольжения, автоматическим регулированием напряжения (AVR), встроенный интерфейс RS-485 (протокол Modbus-RTU), 7 дискретных входов (один из них, дискретный или высокочастотный выход ≤100кГц), 2 программируемых аналоговых входа (0...10В, 0/4...20мА), 2 релейных выходов (дискретный выход с открытым коллектором, 2 программируемых аналоговых выхода (0...10В, 0/4...20мА), встроенный тормозной блок( ≤22 кВт).

№	Мощность (кВт)	Преобразователи частоты универсальные (А-300)			
		Номинальный ток станок/насос(А)	Цена (руб. с НДС)	Габаритный размер (Ш/В/Г)	Вес (кг)
1	0,75	2,1/3,8	9 900	110/185/153	1,6
2	1,5	3,8/6,0	11 100	110/185/153	1,6
3	2,2	6,0/9,0	12 800	110/185/153	1,6
4	4,0	9,0/13	16 000	135/240/173	3
5	5,5	13/17	19 500	135/240/173	3
6	7,5	17/25	23 400	170/314/167	6
7	11	25/32	29 000	200/329,1/177,2	8
8	15	32/37	43 000	200/329,1/177,2	8
9	18,5	37/45	50 000	225/397,6/185,2	12
10	22	45/60	63 000	225/397,6/185,2	12
11	30	60/75	77 000	255/439,6/209,6	13
12	37	75/90	90 000	280/570/258	28
13	45	90/110	111 000	280/570/258	28
14	55	110/150	131 000	320/600/330	37
15	75	150/176	163 000	320/600/330	37
16	90	176/210	190 000	320/715/330	46
17	110	210/253	239 000	320/715/330	46
18	132	253/304	290 000	480/790/385	78
19	160	304/340	345 000		78
20	185	340/377	450 000	480/1165/385	78
21	200	377/423	520 000	(с базой)	78
22	220	423/465	550 000	700/970/408	119
23	250	465/520	630 000		119
24	280	520/585	680 000	700/1390/408	119
25	315	585/680	730 000	(с базой)	119
26	355/350	680/760	договорная		
27	400	720/820	договорная		
28	450	820/900	договорная	940/1140/458	
29	500	900/1000	договорная		
30	560	1000/1100	договорная	940/1690/458	
31	630	1100	договорная	(с базой)	
32	700	1240	договорная		

## Основные результаты работы

1. Дана количественная оценка отклонений напряжения при прямом пуске мощных асинхронных двигателей в электрических сетях соизмеримой мощности.
2. Выполнен анализ влияния нагрузки и отклонений напряжения на время пуска и потери энергии при различных способах пуска.
3. Обоснованы достоинства, недостатки и рекомендуемые области применения различных способов и технических средств пуска асинхронных двигателей, обеспечивающих минимальное влияние на электрические сети малой мощности.

Спасибо за внимание!