

УДК 621.372.54

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 0,4 КВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ****Виноградов Анатолий Алексеевич**

канд. техн. наук

Хмаренков Николай Владимирович

магистрант

Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, Белгород*author@apriori-journal.ru*

Аннотация. Исследуются нормальный и пусковой режимы в сети 0.4кВ промышленного предприятия. Рассчитаны потери активной и реактивной мощности, падения напряжений в момент пуска асинхронного двигателя с помощью программы RS-3. Описаны меры для снижения падений напряжения в электрической сети.

Ключевые слова: электрическая сеть, промышленное предприятие, потери мощности, пуск асинхронных двигателей, снижение потерь.

**INVESTIGATION OF STARTING MODE
IN THE POWER GRID 0.4KV INDUSTRIAL ENTERPRISES****Vinogradov Anatoliy Alekseevich**

candidate of engineering sciences

Khmarencov Nikolay Vladimirovich

undergraduate

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod

Abstract. The investigates the normal and starting mode in the electrical network 0.4kV industrial enterprise. Calculated losses of active and reactive power, voltage drop at the start of the induction motor by using the RS-3. Describes measures to reduce the voltage drop in the electrical network.

Key words: electric network, industrial plants, power loss, start asynchronous motors, reducing losses.

Цель работы – исследовать пусковой режим в электрической сети 0.4кВ промышленного предприятия.

Исследуемая электрическая сеть (ЭС) получает питание от трансформаторной подстанции (ТП) на которой установлен двухобмоточный трансформатор ТМГ-1000/10 У1, номинальной мощностью 1000кВа. От трансформаторной подстанции предприятие получает питание по трем параллельно проложенным кабелям ВББШв сечением 150 мм². Схема замещения предприятия представлена на рис 1.

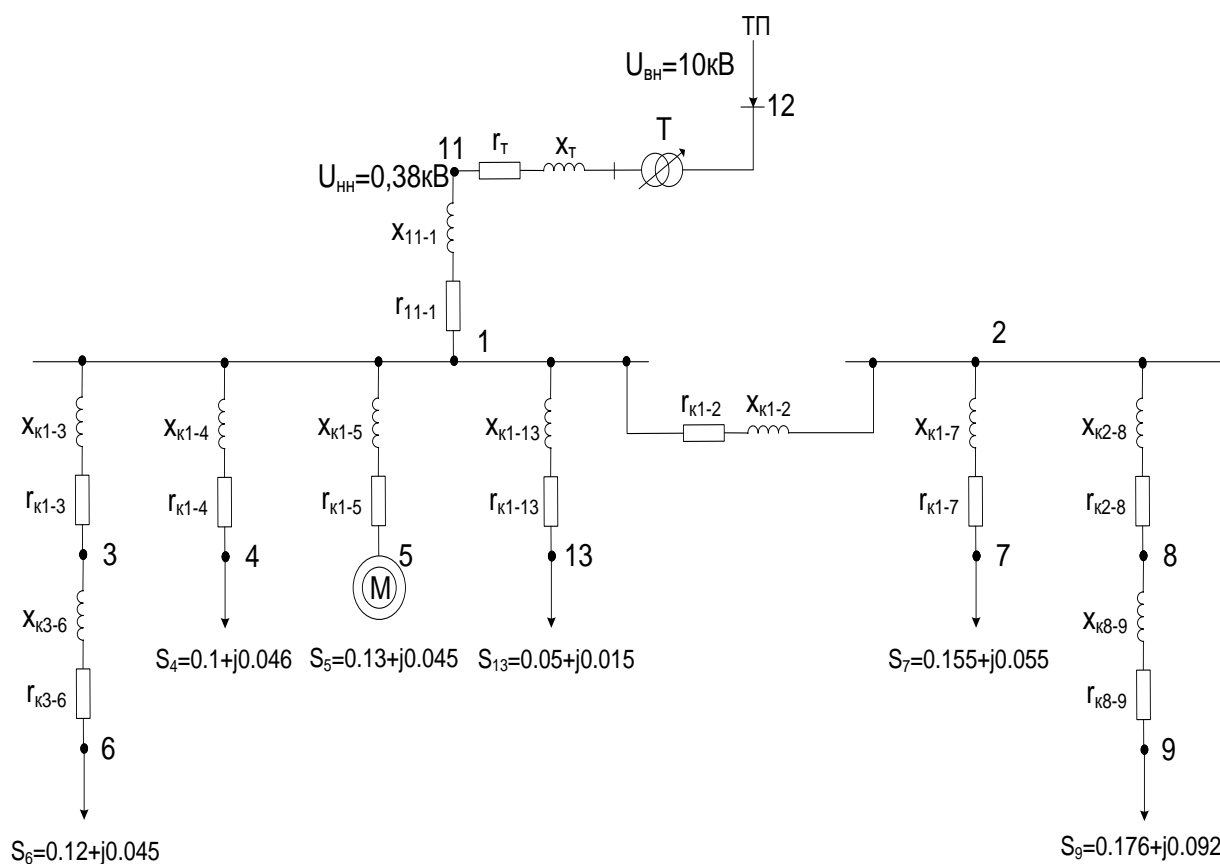


Рис. 1. Схема замещения электрической сети предприятия

Система электроснабжения предприятия состоит из 13 узлов и 12 ветвей. В таблицах 1, 2, 3 запишем исходные параметры схемы замещения сети [1].

Произведем расчет нормального режима работы предприятия согласно исходным параметрам сети. Для этого воспользуемся програм-

мой расчета установившихся режимов RS-3. Параметры сети имеют следующий вид, представленный на рис. 1 и 2.

Таблица 1

Характеристики кабелей

Ветвь	Марка кабеля	Длина кабеля, км	R_k , Ом	X_k , Ом
11-1	ВБШв 4x150	0,3	0,0012	0,006
1-13	ВВГ _{нг} 5x50	0,03	0,0111	0,00192
1-2	ВВГ _{нг} 5x120	0,006	0,000924	0,0036
1-3	ВВГ _{нг} 5x120	0,006	0,000924	0,0036
1-4	ВВГ _{нг} 5x95	0,1	0,0195	0,006
1-5	ВВГ _{нг} 5x95	0,04	0,0078	0,0024
3-6	ВВГ _{нг} 5x120	0,02	0,00308	0,0012
2-7	ВВГ _{нг} 5x120	0,03	0,00462	0,0018
2-8	ВВГ _{нг} 5x120	0,02	0,00308	0,0012
8-9	ВВГ _{нг} 5x120	0,06	0,00924	0,0036

Таблица 2

Данные трансформатора

Ветвь	Трансформатор	K_T	R_k , Ом	X_k , Ом
12-11	ТМГ-1000/10	25,625	1,08	5,5

Таблица 3

Данные в нагрузочных узлах

Узел	Нагрузка
4	$S_4 = 0.1 + j0.046$
5	$S_5 = 0.132 + j0.032$
6	$S_6 = 0.122 + j0.045$
7	$S_7 = 0.155 + j0.055$
9	$S_9 = 0.176 + j0.092$
13	$S_{13} = 0.05 + j0.015$

ПРОГРАММА РАСЧЕТА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Ввод данных Расчет Справка Выход

итерационный процесс | узлы | ветви | потери | Исх. данные узлов | Исх. данные ветвей

№ узла	Баланс по P	Баланс по Q	№ ст. х-ки	Фаза U, °	U, кВ	P _н , МВт	Q _н , МВАр	P _г , МВт	Q _г , МВАр	U _{ном} , кВ	B шунта, мСм	G шунта, мСм
1	1	1	0	0	0,38	0	0	0	0	0,38	0	0
2	1	1	0	0	0,38	0	0	0	0	0,38	0	0
3	1	1	0	0	0,38	0	0	0	0	0,38	0	0
4	1	1	0	0	0,38	0,1	0,046	0	0	0,38	0	0
5	1	1	0	0	0,38	0,132	0,032	0	0	0,38	0	0
6	1	1	0	0	0,38	0,122	0,045	0	0	0,38	0	0
8	1	1	0	0	0,38	0	0	0	0	0,38	0	0
13	1	1	0	0	0,38	0,05	0,015	0	0	0,38	0	0
9	1	1	0	0	0,38	0,176	0,092	0	0	0,38	0	0
11	1	1	0	0	0,38	0	0	0	0	0,38	0	0
12	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
7	1	1	0	0	0,38	0,155	0,055	0	0	0,38	0	0

Рис. 1. Исходные данные узлов

ПРОГРАММА РАСЧЕТА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Ввод данных Расчет Справка Выход

итерационный процесс | узлы | ветви | потери | Исх. данные узлов | Исх. данные ветвей

№ ветви	R ветви, Ом	X ветви, Ом	B ветви, См	G ветви, См	Коеф. трансформации акт.	Коеф. трансформации реакт.
1-2	0,00092	0,0036	0	0	0	0
1-3	0,00092	0,0036	0	0	0	0
1-4	0,0195	0,006	0	0	0	0
1-5	0,0078	0,0024	0	0	0	0
1-13	0,0111	0,00192	0	0	0	0
2-8	0,00308	0,0012	0	0	0	0
8-9	0,00924	0,0036	0	0	0	0
3-6	0,00308	0,0012	0	0	0	0
11-1	0,0012	0,006	0	0	0	0
12-11	1,08	5,5	0	0	25,625	0
2-7	0,00308	0,0012	0	0	0	0

Рис. 2. Исходные данные ветвей

Произведем расчет установившегося режима сети в нормальном режиме работы. Результат расчета представлен на рис. 3.

Исходя из полученных данных видно, что электрическая сеть предприятия работает в нормальном режиме. Потери напряжения не превышают допустимые значения 5 % установленные ГОСТ 32144-2013 [3].

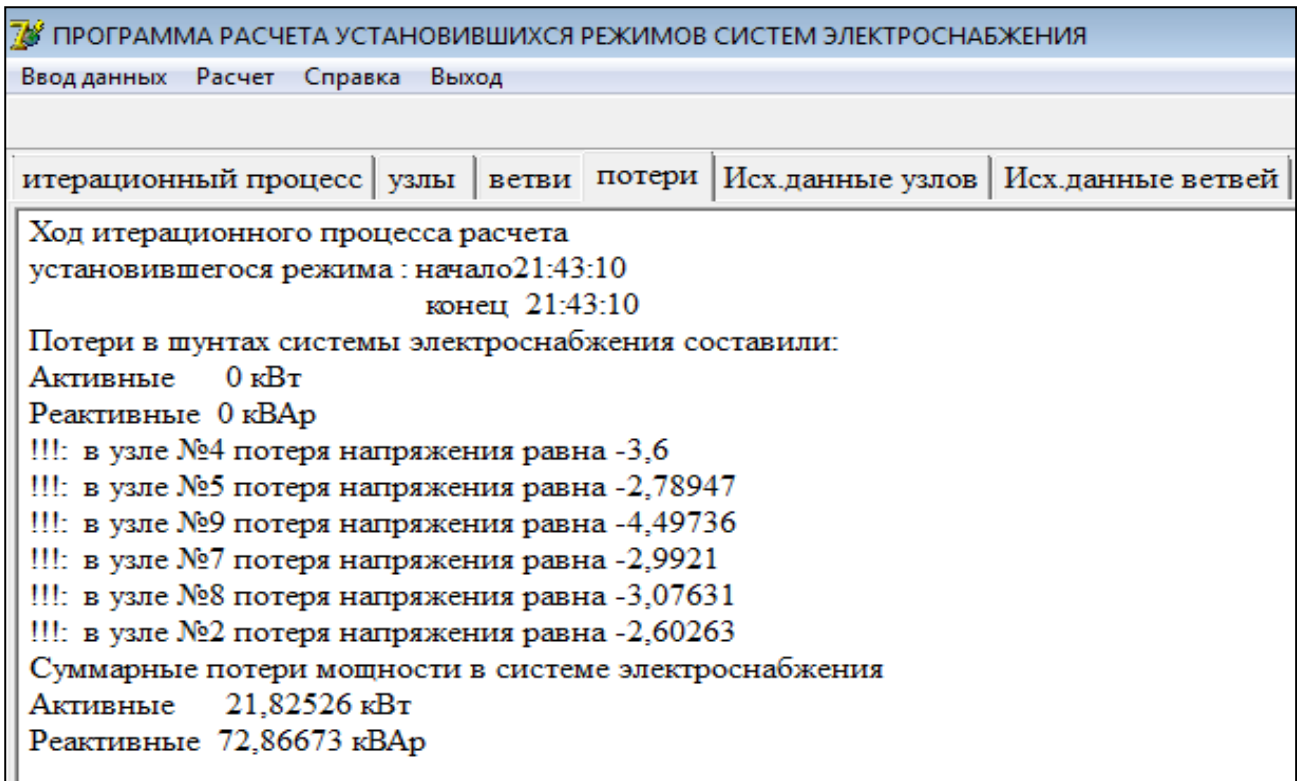


Рис. 3. Нормальный режим работы

Рассмотрим, как поведет себя электрическая сеть в момент прямого пуска асинхронного двигателя мощностью 132 кВт установленного в узле № 5 и подключенного по схеме «Звезда». В таблицу 4 занесены паспортные данные асинхронного двигателя.

Таблица 3

Паспортные данные асинхронного двигателя

Марка двигателя	Мощность, кВт	S _{ном} , %	КПД, %	Cos φ	M _{max} /M _н	M _п /M _н	I _н , А	I _п /I _н
4AM280M2	132 кВт	2	91,5	0,89	2,2	1,2	246	7
Синхронная частота вращения – 3000 об/мин								

Прямой пуск асинхронных электродвигателей влечет за собой большие пусковые токи и как следствие падения напряжения в узлах электрической сети. При наличии на предприятии существенной двига-

тельной нагрузки требуется оценить воздействие пускового режима на систему электроснабжения.

Согласно таблице 4, кратность пускового тока равна 7. Исходя из этого, мощность двигателя в начальный момент времени t_0 будет пропорциональна этому значению. Тогда полная мощность асинхронного двигателя в момент времени $t_0 = 0$ будет равна:

$$S_{5\text{пуск}} = 0.924 + j0.224 \text{ кВа}$$

Внесем полученные данные в программу и рассчитаем режим пуска асинхронного двигателя в момент времени $t_0 = 0$. Данные расчета представлены на рис. 4.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ					
Ввод данных Расчет Справка Выход					
итерационный процесс	узлы	ветви	потери	Исх. данные узлов	Исх. данные ветвей
<p>Ход итерационного процесса расчета установившегося режима : начало 21:41:45 конец 21:41:45</p> <p>Потери в шунтах системы электроснабжения составили:</p> <p>Активные 0 кВт Реактивные 0 кВАр</p> <p>!!!: в узле №4 потеря напряжения равна -9,10789 !!!: в узле №5 потеря напряжения равна -13,62105 !!!: в узле №6 потеря напряжения равна -7,9421 !!!: в узле №13 потеря напряжения равна -7,85 !!!: в узле №9 потеря напряжения равна -10,06052 !!!: в узле №7 потеря напряжения равна -8,46315 !!!: в узле №3 потеря напряжения равна -7,61842 !!!: в узле №8 потеря напряжения равна -8,55263 !!!: в узле №11 потеря напряжения равна -3,47631 !!!: в узле №2 потеря напряжения равна -8,05263 !!!: в узле №1 потеря напряжения равна -7,41052</p> <p>Суммарные потери мощности в системе электроснабжения</p> <p>Активные 138,8388 кВт Реактивные 354,55126 кВАр</p>					

Рис. 4. Пусковой режим

Потери напряжения в нагрузочных узлах превышают допустимые значения 5 %. В узле № 5, где установлен асинхронный двигатель поте-

ри напряжения в момент пуска, составили 13,62 %, что превышает предельно допустимые значения согласно ГОСТ 32144-2013 [3].

Падение напряжения негативно сказывается на работе всей электрической сети предприятия. Если цепи и кабельное хозяйство рассчитаны только на номинальные значения тока, пусковые токи вызывают снижение напряжения, как в питающей сети, так и на стороне нагрузки. Это может привести к отключению ЭВМ, измерительных приборов, ухудшению освещения, отключению магнитных пускателей, что в свою очередь приведет к отключению двигателей и расстройству сложных технологических процессов на производстве. Как следствие огромные материальные потери по недопроизводству и браку продукции.

Усугубляет положение тот факт, что режим работы АД на предприятии включает в себя большое количество пусков и остановок в час, примерно 6-10 раз. При 12 часовой рабочей смене выходит около 100 запусков в сутки. Такой режим работы негативно влияет, как на сам электродвигатель, так и на всю энергосистему в целом. Частые и резкие пуски оказывают сильное динамическое воздействие на асинхронный двигатель, а пусковые токи на его нагрев. Все это неизбежно приводит к разрушению магнитопровода, изоляции обмоток, быстрому износу подшипников и т.д.

Масштаб явления связан с общим запасом сети по мощности, полным сопротивлением в точке общего подключения и полным сопротивлением кабелей. Проблемы у потребителя, вызванные сопротивлением кабелей, решаются относительно легко. Большие нагрузки можно напрямую подсоединить к источнику через точки общего присоединения или вторичной обмотке питающего силового трансформатора. Если проблема вызвана полным сопротивлением в точки общего присоединения, т.е. недостаточной мощностью на стороне питания, то требуется принятие мер. Одним из решений может быть применение устройств «мягкого пуска», которые позволяют снизить абсолютные величины про-

валов напряжения, распределив дополнительную нагрузку во времени [2]. Другим решением может быть устройство по согласованию с компанией-поставщиком питающих цепей с меньшим полным сопротивлением, хотя такое решение может оказаться весьма затратным. Если причину провалов напряжения устранить не удастся, то необходимо оборудование, позволяющее компенсировать это явление. К числу таких устройств относятся традиционные механические стабилизаторы с сервоуправлением, электронные регуляторы напряжения и системы динамического восстановления напряжения.

Список использованных источников

1. Герасименко А.А, Федин В.Т. Г37 Передача и распределение электрической энергии. Ростов-н/Д.: Феникс, 2008. 715, [2] с.
2. Суднова В.В. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников. М.: ЗАО «Энергосервис», 2000. 80 с.
3. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической в системах электроснабжения общего назначения. Введ. 1.07.2014. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.