

УДК 621.316

## **ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕБЛАГОПРИ- ЯТНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ**

А.О Балаганский, студент гр. ЭПб-121, III курс,

Е.И. Береснев, студент гр. ЭПб-121, III курс,

Научный руководитель: Т.Ф. Малахова, к.т.н., доцент, С.Г. Захаренко к.т.н.,  
доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва  
г. Кемерово

В настоящее время, одной из наиболее важных проблем в энергетике является обеспечение совместной работы различных систем электроэнергетики. На сегодняшний день наметилась тенденция к росту числу и мощности электроприёмников, создающих электромагнитные помехи, растёт оснащение электронной и микропроцессорной техникой, с каждым годом их электромагнитная совместимость становится всё более актуальной. При этом, прогресс некоторых элементов системы электроэнергетики зачастую опережает прогресс других. Так на одном предприятии мы можем увидеть работающие «бок о бок» мощные металлорежущие станки середины прошлого века, аппарат лазерной резки металлов, управляемый компьютером, сварочные инверторы, не говоря уже о зачастую физически и морально устаревшей проводке коммутационных и защитных электрических аппаратов. Важно уделять большое внимание источникам искусственных и естественных электроэлектромагнитных помех, заранее проанализировать влияние электромагнитных помех на различные электроприёмники.

Рассмотрим некоторые аспекты обеспечения электромагнитной совместимости на примере реального небольшом предприятии, находящегося в городе Кемерово. На данном предприятии существовала проблема часто перегорающих, порядка 10 в неделю, ламп накаливания в одном из боксов, что является следствием условий неблагоприятной электромагнитной обстановки, связанной с тем, что на данном предприятии установлен источник электромагнитных помех - токарно-винторезный станок (асинхронный двигатель).

Согласно Федеральному Закону №261 «Об энергосбережении» от 26.11.2009 (Глава 3, ст.10), все предприятия должны перейти на энергосберегающие лампы, например, на люминесцентные или светодиодные. Однако переход на энергосберегающие лампы идёт не так быстро, как предполагалось, в связи с недостаточной мотивированностью собственников. Большинство частных лиц и мелких предприятий используют лампы накаливания, а значит и проблема их частого перегорания тоже актуальна. К тому же данная статья подходит и для решения аналогичной проблемы с галогенными лампами, которые «экологичнее» (на колбы таких ламп наносится специальное

покрытие, которое пропускает видимый свет, но задерживает инфракрасное излучение и отражает его назад к спирали) ламп накаливания, которые используются для прожекторного наружного и внутреннего освещения.

Питание предприятия осуществляется трёхфазной сетью 0,4 кВ. Электросистема предприятия и подводящая линия достаточно сильно изношены, используются морально и физически устаревшие электрические аппараты и машины.

В боксе основное освещение выполнено лампами накаливания: 4 больших «советских» плафона по углам бокса, каждый плафон переделан под 2 лампы цоколя E27, 95Вт. Вопрос энергосбережения и качества освещения в боксе не стоит, существующая проблема должна быть решена минимальными трудовыми и финансовыми затратами, в боксе имеется точечное освещение рабочего места люминесцентными лампами, свет включен малое количество часов в сутки (не более 6 часов), в боксе имеется пост электросварки. В остальных помещениях освещение почти полностью выполнено люминесцентными и диодными лампами.

Главный потребитель электроэнергии предприятия - производственное помещение, в котором находится работающий в течение смены токарно-винторезный станок 1К62, номинальной мощностью 11кВт. Так же там имеется наждак, сверлильный станок, маленький токарный станок ТВ-6 и практически не использующийся мощный фрейзерный станок.

На промышленных предприятиях определяющее влияние на электромагнитную обстановку оказывают индустриальные помехи: дуговые печи, мощные станки, электросварка.

На нашем предприятии, главный источник электромагнитных помех - токарно-винторезный станок 1К62, асинхронный двигатель которого имеет номинальную мощность 11кВт. При запуске электродвигателя или «набросе» на него нагрузки, с режима холостого хода, токарного станка наблюдается сильный провал напряжения, «моргают» лампы освещения, при периодическом пуске и остановки двигателя создаётся пульсация напряжения, что является одной из причин преждевременного выхода из строя ламп, так же это может быть опасно для другого оборудования.

Решение проблемы электромагнитной совместимости может быть следующее:

1. Определение электромагнитных помех, создаваемых различными источниками;
2. Определение восприимчивости электроприёмников к уровню электромагнитных помех;
3. Прогнозирование и расчёт электромагнитных помех;
4. Разработка эффективных мер снижения помех.

Заторможенный асинхронный двигатель потребляет в момент пуска пусковой ток (содержащий апериодическую составляющую)  $I_{\text{п}} = K_{\text{п}} \cdot I_{\text{ном}}$  (где коэффициент пуска  $K_{\text{п}} = 5,0 \dots 7,5$ ).

При пуске АД возникает провал напряжения (рисунок 1):

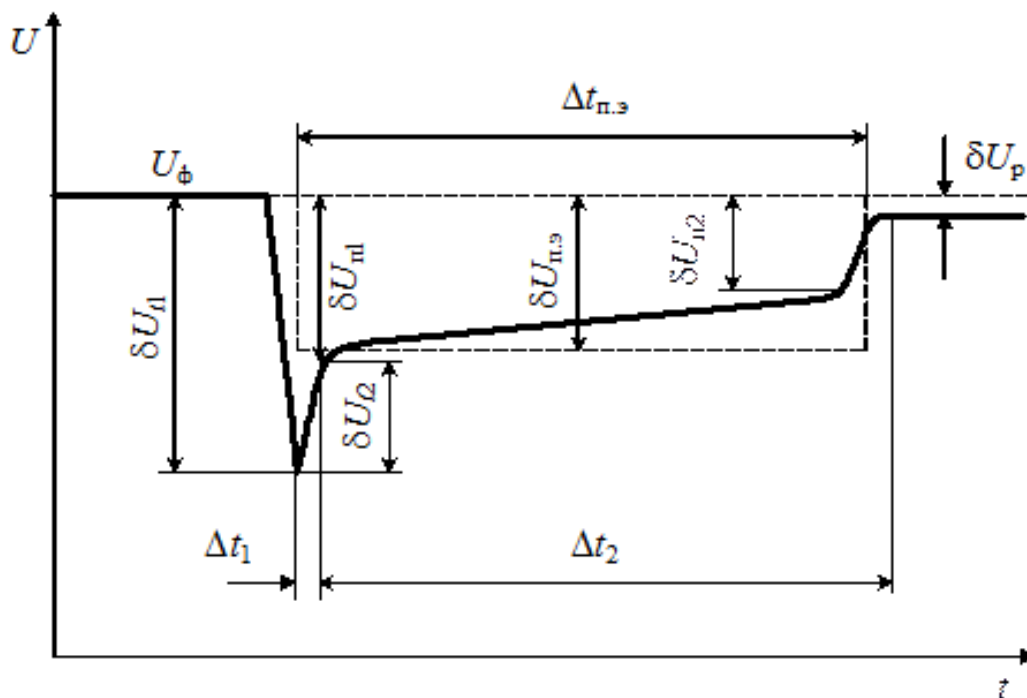


Рисунок 1 Форма провала напряжения при пуске асинхронного двигателя

Первый размах изменения напряжения  $\delta U_{t1}$  объясняется наличием апериодической составляющей в токе, когда сопротивление АД равно пусковому.  $\delta U_{t2}$  зависит от момента включения, предвключенного сопротивления и кратности пускового тока. Разница  $\delta U_{п1} - \delta U_{п2}$  и длительность разгона  $\Delta t_2$  определяются  $K_{п}$ , суммарным маховым моментом и зависимостью момента сопротивления приводного механизма от скорости. В конце разгона ток быстро падает до нагрузочного и остается падение напряжения в нагрузочном режиме  $\delta U_{р}$ . В общем случае, достаточно оперировать эквивалентной глубиной провала напряжения  $\delta U_{п.э}$ :

$$\delta U_{п.э} = \frac{P_{ном} \cdot K_{п}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi};$$

Электросварочные установки создают помехи излучения и кондуктивные помехи. Электромагнитные помехи излучения находятся в диапазоне средних и высоких частот. Излучаемый спектр помех концентрируются в одной из областей частот: 750 кГц, 3 или 20 МГц. Технологические помехи создаются из-за резкопеременного режима работы – провалы и колебания напряжения. К примеру, точечная рельефная сварочная машина, мощностью 300 кВА, создаёт провал напряжения глубиной 11,2 %, длительностью 1,24 секунды. Электротехнические помехи – несинусоидальность и несимметрия напряжения, определяются типом электросварочной установки, системой коммутации и управления. Несимметрия напряжения обусловлена тем, что сварочные машины – однофазные потребители, которых не всегда возможно равномерно распределить по фазам. Отсюда возникает несимметрия токов, которая порождает несимметрию напряжений, появляются составляющие об-

ратной и нулевой последовательностей. Токи обратной последовательности вызывают дополнительный нагрев вращающихся машин, появление нехарактерных гармоник при работе многофазных преобразователей. При наличии машин мощностью более 500кВА появляются большие значения коэффициента несимметрии: в сварочных сетях он колеблется от 1 до 5%, что превышает на 2% норму (ГОСТ 13109-97). При несимметрии напряжений в 2% сроки службы асинхронных двигателей сокращаются на 10,8% синхронных – на 16,2%; трансформаторов – на 4%; конденсаторов – на 20%.

На нашем предприятии провалы напряжения заметно проявляются только фликкер-эффектом (колебания светового потока), но на производствах другого типа это может быть критично:

- Заметное влияние оказывают колебания и провалы напряжения на асинхронные двигатели малой мощности: колебания момента на валу вращающихся машин, вызывающее дополнительные потери электроэнергии и увеличенный износ оборудования, а также нарушения технологических процессов, требующих стабильной скорости вращения;

- Ложная работа регулирующих устройств и ЭВМ;

- При глубоких колебаниях и провалах напряжения (более 15 %) могут отпасть контакты магнитных пускателей;

- Колебания и провалы напряжения, глубиной более 10 %, могут привести к погасанию газоразрядных ламп, повторное зажигание которых в зависимости от типа лампы может происходить только через значительный промежуток времени;

- Ухудшение качества точечной сварки;

Согласно пункту 1.2.13. ПУЭ, при выборе независимых взаимно резервирующих источников питания, являющихся объектами энергосистемы, следует учитывать вероятность одновременного зависящего кратковременного снижения или полного исчезновения напряжения на время действия релейной защиты и автоматики при повреждениях в электрической части энергосистемы, а также одновременного длительного исчезновения напряжения на этих источниках питания при тяжелых системных авариях.

Полностью исключить провалы напряжения в системах внешнего электроснабжения невозможно. Минимизация ущерба от провалов напряжения достигается комплексом мероприятий в сетях внешнего и внутреннего электроснабжения предприятий, применением специальных быстродействующих защит и автоматики, внедрением самозапуска ответственных электродвигателей.

При решении проблемы электромагнитной совместимости важное значение имеют способы ослабления или подавления помех. Наиболее эффективно система подавления помех работает в местах их возникновения, однако при уже сложившейся структуре электросистемы, построенной без учёта требований по электромагнитной совместимости, защитные устройства необходимо устанавливать ещё и у электроприёмников, чувствительных к электромагнитным помехам.

В последнее время широкое применение получают активные фильтры. Эти устройства позволяют фильтровать высшие гармоники, снижать провалы и скачки напряжения, компенсировать реактивную мощность. Принцип работы состоит в измерении фильтром тока нагрузки в реальном времени, обработки полученной информации процессором и на основе этих данных в сеть генерируется ток, значение которого в каждый момент времени равно разности тока идеальной синусоиды и графика тока нагрузки. По сравнению с параллельными резонансными фильтрами, активные имеют массу преимуществ:

- Отсутствие нарушений в рабочем режиме, связанных со ступенчатым включением конденсаторных батарей;
- Непрерывная компенсация реактивной мощности во всём диапазоне изменения потребляемой мощности;
- Фильтрация одновременно до 20 гармоник;
- Фильтрации до частоты 2500 Гц;
- Невозможность перегрузки фильтра;
- Программируемость параметров фильтрации, свободный выбор частот;

Проведённое исследование позволит решить проблему неблагоприятной электромагнитной обстановки в сети реального небольшого предприятия, а именно: проблему провалов и скачков напряжения в системе освещения путём установки последовательно в цепь, после коммутирующего аппарата, блока защиты (фильтра, основанного на полупроводниках) галогенных и ламп накаливания. Что позволит обеспечить плавное изменение напряжения и тока при пуске лампы с холодного состояния, при котором ток может превышать рабочий во много раз и в процессе работы, убрать фликкер-эффект, тем самым повысить уровень надёжности системы освещения.

### Список литературы

1. Вагин Г.Я. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Я. Вагин, А.Б. Лоскутов, А.А. Севостьянов. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 224 с.
2. Правила устройства электроустановок; 7 изд. – М.: НТЦПБ, 2012. – 584 с.
3. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).