

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

**ДИНАМИКА
НЕЛИНЕЙНЫХ
ДИСКРЕТНЫХ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

**Материалы
XII Всероссийской научно-технической
конференции**

ДНДС–2017

ЧЕБОКСАРЫ

2017

УДК 681.511.42.033(082)

ББК 3965.6Я43

Д44

Редакционная коллегия:

А.Ю. Александров, Г.А. Белов, Н.М. Лазарева

Печатается по решению Ученого совета
Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова

Динамика нелинейных дискретных электротехнических
Д44 и электронных систем: материалы 12-й Всерос. науч.-техн.
конф. –Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2017. – 428 с.

ISBN 978-5-7677-2480-2

Рассматриваются вопросы математических основ и математического моделирования нелинейных дискретных систем, цифровой обработки сигналов, построения и анализа устройств и систем силовой электроники, систем электроэнергетики и электропривода.

Для научных работников, инженеров, менеджеров и студентов старших курсов.

УДК 681.511.42.033(082)

ББК 3965.6Я43

ISBN 978-5-7677-2480-2

© Издательство
Чувашского университета, 2017
© Коллектив авторов, 2017

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель оргкомитета:

Александров А.Ю. – ректор ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,

заместители председателя оргкомитета:

Кадышев Е.Н. – д-р экон. наук, профессор, проректор по научной работе ЧГУ,

Белов Г.А. – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой промышленной электроники (ЧГУ),

члены оргкомитета:

Афанасьев В.П. – д-р техн. наук, профессор (Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»),

Дмитриков В.Ф. – д-р техн. наук, профессор (Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича),

Потапов А.А. – д-р физ.-мат. наук, профессор, главный редактор международного журнала «Нелинейный мир» (Институт радиотехники и электроники РАН),

Евдокимов Ю.К. – д-р техн. наук, профессор (Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева),

Шихин В.А. – канд. техн. наук, доцент (Национальный исследовательский университет «МЭИ»),

Андрянов А.И. – канд. техн. наук, доцент (Брянский государственный технический университет),

Герасимов В.А. – главный инженер ООО «НПП «Динамика»;

Охоткин Г.П. – д-р техн. наук, доцент, декан факультета радиоэлектроники и автоматики (ЧГУ),

Семенов Ю.М. – д-р физ.-мат. наук, доцент (ЧГУ),

Булычев А.В. – д-р техн. наук, профессор, технический директор ООО «НПП Бреслер»,

Казенов А.А. – директор ООО «Элтехсистемс»,

Сергеев А.Г. – канд. техн. наук, старший научный сотрудник ОАО «ВНИИР»,

Лазарева Н.М. – канд. техн. наук, доцент (ЧГУ),

Малинин Г.В. – канд. техн. наук, доцент (ЧГУ),

Серебрянников А.В. – канд. техн. наук (ЧГУ).

СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ РЕЖИМА НАГРУЗКИ

Провалы напряжения приводят к серьезным технологическим срывам производственных процессов и, как следствие, к существенным экономическим потерям. Для устранения провалов применяют устройство динамического восстановления напряжения (ДВН). ДВН восстанавливает напряжение на нагрузке до необходимого уровня в аварийных режимах работы электрической сети, последовательно добавляя напряжение в цепь нагрузки [1]. Традиционно ДВН состоит из инвертора, фильтра и вольтодобавочного трансформатора (рис. 1).

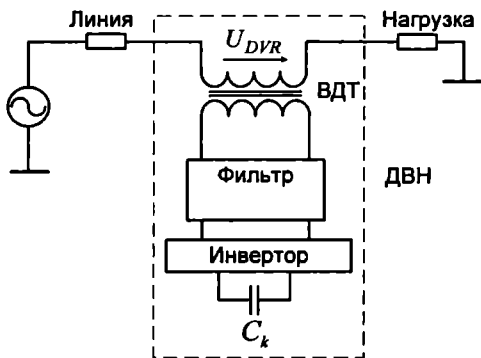


Рис. 1. Схема включения ДВН в систему

Возможны три случая аварийного снижения напряжения: однофазный провал напряжения (напряжение поврежденной фазы ниже номинального напряжения), двухфазный провал напряжения (напряжения двух фаз ниже номинального напряжения), несимметричный провал напряжения (напряжения всех фаз ниже номинального напряжения).

Несимметричный провал напряжения. Задача ДВН в этом режиме заключается в восстановлении всей системы трех-

фазных векторов напряжения. Очевидно, что каждый вектор фазного напряжения восстановленной трехфазной системы векторов будет иметь один и тот же угол ψ относительно трехфазных осей A , B и C (рис. 2–4).

Задача анализа заключается в определении оптимального значения угла сдвига ψ системы векторов восстановленных напряжений относительно своих осей, минимизирующей расход ДВН активной мощности.

В зависимости от режима питающей сети работа ДВН может происходить без затрат активной мощности ($\Delta P_{DVR_E} = 0$) и с расходом активной мощности ($\Delta P_{DVR_E} \rightarrow \min \geq 0$). В режиме без расхода активной мощности условие выбора ψ будет следующим:

$$\Delta P_{DVR_E} = S_L \left[\sqrt{P_C^2 + P_S^2} \sin(\psi + \alpha) - 3 \cos \varphi \right] = 0,$$

где S_L – полная мощность нагрузки; $P_C = \sum_{\sigma=A,B,C} \gamma_\sigma \cos(\psi_\sigma^S + \varphi)$;

$$P_S = \sum_{\sigma=A,B,C} \gamma_\sigma \sin(\psi_\sigma^S + \varphi); \quad \gamma_\sigma = \frac{U_\sigma^S}{U} \text{ – глубина провала.}$$

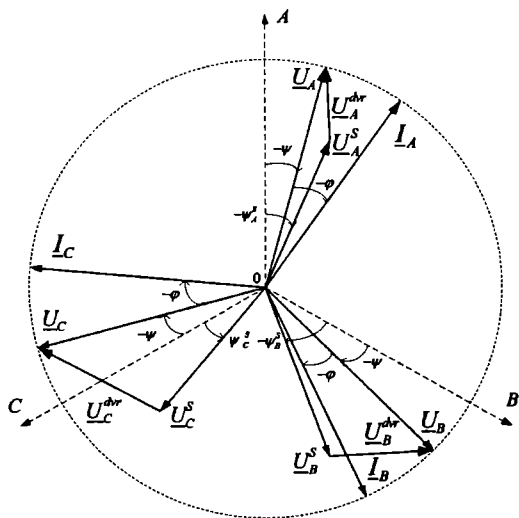


Рис. 2. Система векторов при восстановлении провала напряжения во всех фазах

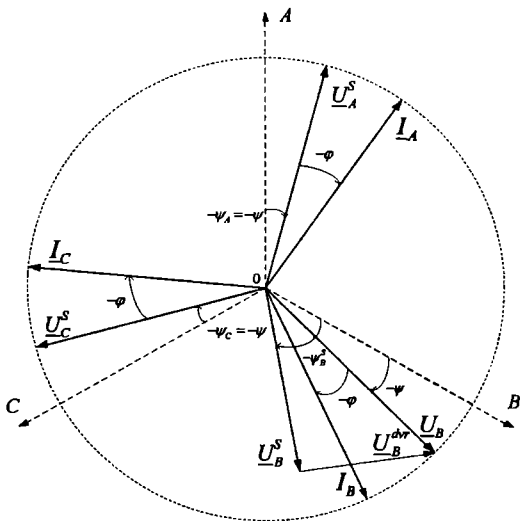


Рис. 3. Система векторов при восстановлении провала напряжения в фазе *B*

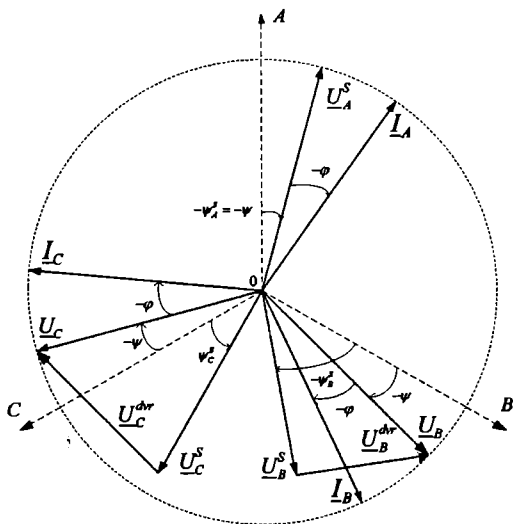


Рис. 4. Система векторов при восстановлении провала напряжения в фазах *B* и *C*

В режиме минимизации активной мощности условие выбора ψ

$$\psi = \tan^{-1} \left(-\frac{P_S}{P_C} \right),$$

а расходуемая ДВН активная мощность будет равна /

$$\Delta P_{DVR_E} = 3 \cos \varphi - \sqrt{P_C^2 + P_S^2}.$$

Однофазный провал напряжения. Рассмотрим аварийный режим работы сети с провалом одной фазы, например фазы В (см. рис. 3). Задача ДВН заключается в восстановлении напряжения фазы. Оптимизация расхода активной мощности ДВН как в этом режиме, так и при двухфазном провале напряжения принципиально невозможна. Расходуемая ДВН активная мощность

$$\Delta P_{DVR_E} = S_L [\cos \varphi - \gamma_B \cos(\psi_B - \varphi)].$$

Двухфазный провал напряжения. Аварийный режим с провалом двух фаз (В и С) (см. рис. 4). Расходуемая ДВН активная мощность

$$\Delta P_{DVR_E} = S_L [2 \cos \varphi - \gamma_B \cos(\psi_B + \varphi - \psi_B^S) - \gamma_C \cos(\psi_B + \varphi + \psi_C^S)].$$

Выводы:

1. Восстановление напряжений трехфазной сети без расхода энергии накопительной емкости возможно только в несимметричном провале напряжения определенной глубины, зависящей от коэффициента мощности нагрузки и уровня напряжения фаз. При более глубоком провале восстановление напряжений фаз будет происходить с расходом энергии ДВН, но возможен оптимальный режим расхода активной мощности ДВН.

2. В случае однофазного и двухфазного провала восстановление напряжения всегда происходит с расходом энергии ДВН и полностью определяется глубиной провала напряжений.

Литература

Vilathgamuwa D.M., Perera A.A.D.R., Choi S.S. (2003) Voltage sag compensation with energy optimized dynamic voltage restorer. IEEE Transactions on Power Delivery. № 18(3). – P. 928–936.

<i>Попов М.Г., Попов С.О., Рябов В.Н.</i> Разработка стенда диагностики системы автоматического регулирования возбуждения	290
<i>Курир В.И.</i> Оптимизация режимов работы энергосистем	295
<i>Вагапов Г.В., Федотов А.И., Чернова Н.В.</i> Определение мест однофазных замыканий на землю в воздушных электрических сетях с изолированной нейтралью	297
<i>Изосимова Т.А., Евдокимов Ю.К., Лаврентьева Т.Н.</i> Классификация электромагнитных опор и области их применения	301
<i>Лазарева А.А., Егорова Ю.Н.</i> Интеллектуальная система «Визуализация остаточного ресурса объектов энергетики»	304
<i>Федотов А.И., Бахтеев К.Р.</i> Повышение качества электроснабжения промышленных потребителей путем использования накопителей электроэнергии при провалах напряжения	308
<i>Антонов В.И., Наумов В.А., Солдатов А.В., Нестерова С.В., Матисон В.А.</i> Система динамической стабилизации режима нагрузки	312

ДИНАМИКА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ В ВЫСШЕМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМ И РАДИОЭЛЕКТРОННОМ ОБРАЗОВАНИИ.....316

<i>Ахметвалеева Л.В., Кулагина Л.Г., Гафутдинов Р.Ш., Гаязов Р.Р.</i> Проектирование и исследование электронных узлов систем управления в программных средах MULTISIM и LABVIEW	316
<i>Изосимова Т.А., Максимова М.В.</i> Программное обеспечение для автоматизированной системы калибровки стрелочных приборов	318
<i>Ефимов Б.О., Егорова Ю.Н.</i> Интеллектуальные робототехнические системы	320
<i>Батурин Д.А.</i> Распределенная система шаговых электроприводов	323
<i>Исломов И.И.</i> Результаты моделирования схемы генерирования электроэнергии ветроэлектроустановкой с магнитным редуктором	324