

Zigbee통신을 이용한 전력변환기기의 DC Bus 커패시터의 온라인 원격 고장진단 시스템

On-line Remote Diagnosis System for DC Bus Capacitor of Power Converters Using Zigbee Communication

정 완 섭* · 손 진 근†
(Wan-sup Chung · Jin-geun Shon)

Abstract - DC bus electrolytic capacitors are used in variety of equipments as smoothing element of the power converters because it has high capacitance for its size and low price. It is responsible for frequent breakdowns of many static converters and inverter drive systems. Therefore it is important to diagnosis monitoring the condition of an electrolytic capacitor in real-time to predict the failure of power converter. In this paper, the on-line remote diagnosis monitoring system for DC BUS electrolytic capacitors of power converter using low-cost type Zigbee communication modules is developed. To estimate the health status of the capacitor, the equivalent series resistor(ESR) of the component has to be determined. The capacitor ESR is estimated by using RMS computation using AC coupling method of DC link ripple voltage/current. The Zigbee communication-based experimental results show that the proposed remote DC capacitor diagnosis monitoring system can be applied to DC/DC converter and UPS successfully.

Key Words : DC electrolytic capacitor, Equivalent series resistance(ESR), Power converters, Remote diagnosis monitoring system, Zigbee communication

1. 서 론

전력용 반도체 소자와 임베디드시스템을 기반으로 한 전력전자 기술의 발전은 주문형 전력(custom power)변환기기의 사용증대 등 비선형부하의 사용 급증을 유도하고 있다. 이는 각종 전력변환기기의 대용량화는 물론이고 전동기의 가변속 드라이브 등의 인버터 사용 급증과 신재생에너지 설비의 보급 확대, 그리고 SMPS와 같은 전원 등의 비선형 부하의 지속적인 사용 증가를 그 일례로 볼 수 있다.

이들의 전력변환장치 내부에는 DC 에너지에 대한 저장이나 스위칭 맥동전류의 완화, 그리고 전압의 평활화를 위하여 DC Bus단에 대용량의 전해 커패시터를 사용하게 된다. 그러나 이러한 DC 전해 커패시터는 사용기간의 증가와 함께 온도상승에 따른 전해액의 증발, 열화 및 손실 증대가 가속화되면서 폭발의 사고로 이어지게 되어 기기의 운전 신뢰성이 현저히 저하된다는 문제점이 지적되고 있다[1, 2].

DC 커패시터의 고장은 DC Bus의 단순한 부품사고 뿐만 아니라 전원계통의 사고로 까지 이어지는 위험요소가 될 수 있으므로 이를 방지할 수 있는 진단시스템의 개발이 필

요하다. 따라서 본 논문에서는 각종 전력변환기기의 DC Bus단에 사용되는 전해 커패시터의 등가직렬저항(이하 'ESR')의 추정기법에 기반한 온라인의 원격 고장 감시 모니터링 시스템을 새롭게 제안하고자 한다.

지금까지 전해 커패시터에 대한 고장 진단기법은 커패시터의 ESR 값 추정기법에 의존한 방식으로 커패시터의 열화가 진행되면서 정상 값 대비 약 2배 이상일 경우에 이상 징후의 시작으로 판단하는 고장판별 기법이 대부분을 차지한다[3]. 이의 구체적 추정 기법으로는 Afroz M. Imam[4]이 제안한 주파수 분석에 의한 간접적 추정기법을 많이 선호하였다. 이 방식은 DC/DC 컨버터의 모델에서 커패시터 맥동성분의 전압/전류 신호를 특정의 스위칭 주파수 영역에서 신호처리(대역통과필터)를 거친 후 FFT분석의 결과로 ESR을 추정한다. 그러나 이 방법은 실시간 온라인처리가 힘들다는 단점을 지니게 되어 새로운 온라인 처리기법을 필요하게 된다.

본 논문에서는 위와 같이 각종 전력변환기기마다 특정의 스위칭 주파수를 사전에 인지해야 하는 번거로움이 필요 없으면서 실시간 처리가 가능한 개선된 ESR 추정 알고리즘[5, 6]을 적용한 온라인방식의 원격 진단 모니터링 시스템을 구현하였다. 이의 진단 시스템은 커패시터의 맥동 전압 및 전류 성분을 AC 커플링의 신호처리 과정을 거친 후 이의 AC 전력에 대한 손실로 부터 ESR을 추정하는 간단한 방식으로 실시간 구현이 가능하다는 장점이 있다.

또한 원격관리의 커패시터 고장진단 시스템에서는 저전력 및 저가격의 장점이 있는 Zigbee 무선통신방식의 모듈을 사용하고 메인 MCU의 채용 역시 저가형 마이크로프로세서인 ARM Cortex-M3를 기반으로 하는 ST Microelectronics사

* Dept. of Electrical System, Dongyang Mirae University, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Gachon University, Korea

E-mail : shon@gachon.ac.kr

접수일자 : 2015년 1월 29일

최종완료 : 2015년 2월 23일

의 32[bit] 소자인 STM32F 시리즈를 채용하여 시스템을 저가로 구현할 수 있다.

따라서 AC커플링의 신호처리 방식에 기반한 실시간 ESR 추정 방식 그리고 저가격/저전력의 Zigbee통신방식에 의한 네트워크의 구현에 의한 본 진단시스템은 DC/DC 컨버터와 UPS에 적용하여 그 성능을 검증 실험하였다. 3[kVA]의 승압형 DC/DC 컨버터와 5[kVA]의 UPS시스템에 본 시스템을 장착하여 제안된 기법의 타당성 및 원격의 고장 모니터링 프로그램의 성능을 검증한 실험에서 만족할 만한 결과를 도출하였다.

2. 커패시터의 고장분류 및 고장 검출 알고리즘

2.1 전해커패시터의 고장분류

전력전자기기의 부하, 즉 비선형 부하의 지속적 사용증대는 이의 장치 내부에 AC/DC 연계 및 전압 평활화를 위한 DC Bus 전해 커패시터의 사용 증대를 의미한다. 이의 Bus 커패시터에는 고전압 저가격의 알루미늄 전해 커패시터가 주로 사용된다. 이의 커패시터 전극에는 높은 순도의 알루미늄 호일을 사용하고 유전체로써는 얇은 산화 막을 사용한다. (+)전극인 애노드 호일은 표면에 유전체 산화피막 (Al_2O_3)을 형성시키고, 캐소드의 (-) 전극은 에칭하여 표면적을 확대시키게 되며, 이의 두 전극 사이에는 전해액과 전해지로 구성된다.

그림 1(a)는 알루미늄 전해 커패시터의 구조를 그림 1(b)는 커패시터 전해액의 증발에 대한 확산 통로를 3가지의 루트로 해석한 그림이다. (1)번과 같은 밀봉된 고무체에서의 통로 (2)번과 같은 밀봉고무와 리드선 틈새에서의 통로 (3)번과 같이 밀봉고무와 알루미늄 케이스 틈새 사이의 통로로 표현할 수 있다[6].

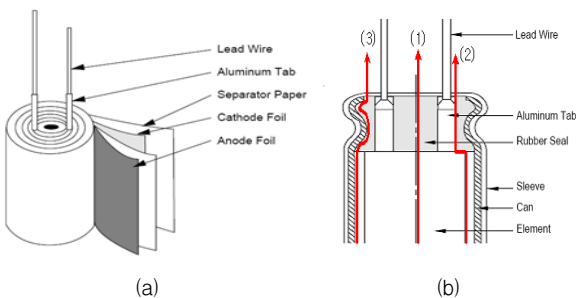


그림 1 전해 커패시터의 구조와 전해액의 누설 통로
Fig. 1 (a) The structure of an electrolytic capacitor and (b) leakage path of an electrolyte.

또한 그림 2는 전해커패시터의 고장모드에 대한 개략적인 FTA(fault tree analysis)를 나타낸 것이다[4]. 여기서 전해 커패시터의 고장 모드는 크게 전기적 성능 악화와 기계적 고장으로 나눌 수 있다. 기계적 고장은 단락 및 개방회로로 나타낼 수 있다. 개방회로는 매우 드물게 회로연결의 불량에서 주로 나타나며, 단락회로는 그림의 설명과 같이 전극의 단락이나 산화막 또는 절연지의 유전과피에서 기인하게 된다.

전기적 성능 악화는 대부분 전기화학적(electrochemical) 반응 즉 온도 상승 등에 따른 전해액의 증발이 가장 큰 요인이라 할 수 있다. 이는 전해액의 감소 및 전해액 증기분출 그리고 커패시턴스 감소로 나타나게 되며 이의 요인으로는 온도 및 전압 그리고 맥동전류 등의 초과에 의해서 발생된다. 특히 온도의 초과는 전해액 성능과 직접 관련이 있으며 기타 맥동 전류의 증가에 의하여 온도 상승을 가중시키게 된다.

또한 커패시터의 역전압 인가 및 충방전 듀티횟수의 초과, 맥동전류의 초과는 마찬가지로 전기화학적 반응에 의하여 커패시턴스의 감소에 따른 유전체의 감소($\tan \delta$), 이에 따른 ESR의 감소로 이어지며 산화막의 악화에 따라 누설 전류의 증가를 초래한다. 이렇듯 알루미늄 전해 커패시터는 전해액의 사용하기 때문에 이후 시간이 경과하여 전해액이 증발하고 온도 및 열화에 의하여 서서히 특성불량이 나타나기 시작한다. 이는 점차 정전용량의 감소 및 ESR이 증가되면서 열화적인 고장모드가 형성되게 된다.

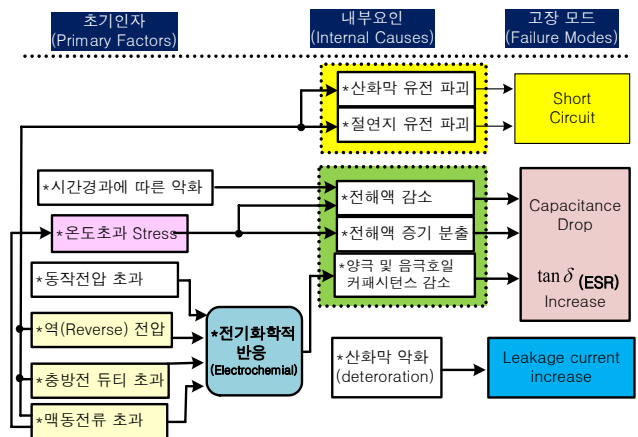


그림 2 전해 커패시터의 고장 모드 분석
Fig. 2 Failure mode tree analysis of electrolytic capacitor.

2.2 전해커패시터의 고장검출 알고리즘

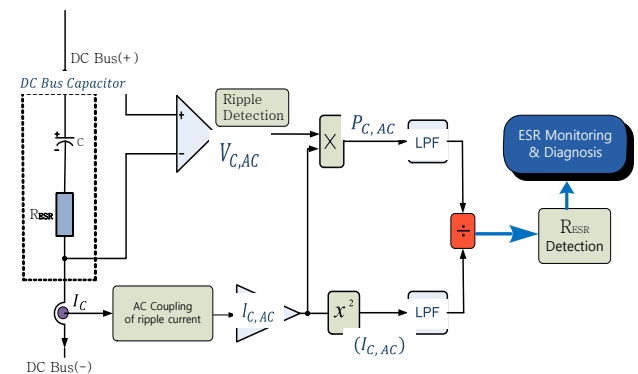


그림 3 제안된 ESR 고장 검출기법 알고리즘
Fig. 3 Proposed algorithm of ESR failure detection method.

전해 커패시터를 표현하는 일반적인 등가회로[5]에서의 복소 임피던스는 입력의 주파수 변동에 따라 그 크기가 매

우 달라지게 되며, 스위칭 주파수 사용의 범위 내에서의 임피던스 값은 전해 커패시터 내부의 ESR값에 매우 지배적이다. 그러므로 대부분의 전해 커패시터의 고장진단 기법들은 이의 ESR의 측정에 의하여 수행된다[6]. 이러한 기법에 기반한 본 논문은 ESR추정에 의한 전해 커패시터의 온라인 계측기법을 고장진단 기법의 모토로 사용하였다.

이의 고장진단의 기본적 알고리즘은 커패시터에 대한 전체의 AC 평균전력 손실로부터 구할 수 있고, 이의 결과로부터 커패시터의 ESR값을 그림 3과 같은 절차에 의하여 추정하였다.

그림 3과 같이 인버터나 컨버터 등 전력변환기기의 DC Bus 전해 커패시터에 대한 맥동 전류 I_C 는 일반적으로 DC 성분의 전류 $I_{C,DC}$ 와 AC성분의 전류 $I_{C,AC}$ 로 구분하여 나타낼 수 있으며 이를 식 (1)에 나타내었다.

$$I_C = I_{C,DC} + I_{C,AC} \quad (1)$$

그리고 이러한 컨버터의 맥동 전류 신호를 AC 커플링으로 신호처리하면 DC 소스에 대해서는 개방회로이므로 전해 커패시터는 AC 성분의 전류($I_{C,AC}$) 성분만이 커패시터에 나타나게 된다. 이는 DC성분을 차단시켜서 AC 커플링 성분의 신호만으로 AC 전력손실을 구하여 ESR을 추정할 수 있다.

즉, 커패시터의 맥동 전류 I_C 및 맥동전압 V_C 에 대한 커플링 신호로부터 계산된 순시적 전력손실 $P_{C,AC}$ 와 $(I_{C,AC})^2$ 신호로 표현된 식(2)의 표현으로부터 R_{ESR} 을 구할 수 있다.

$$P_{C,AC} = R_{ESR} \times (I_{C,AC})^2 \quad (2)$$

따라서 계측된 AC 커플링 신호로부터 계산된 순시적 전력손실 $P_{C,AC}(V_{C,AC} \times I_{C,AC})$ 와 $(I_{C,AC})^2$ 신호를 저역통과필터(LPF)에 통과시켜 $P_{C,F}$ 와 $(I_{C,F})^2$ 의 신호를 구한 후 이를 식 (2)의 관계에 의한 연산처리로 간단히 R_{ESR} 평균값을 추정할 수 있게 된다. 이렇게 구해진 R_{ESR} 의 평균값은 LPF에 의하여 적당히 대역의 폭을 제한하게 되며 AC 커플링에 의하여 고주파 성분을 갖기 때문에 특징의 스위칭 스파스 관계를 미리 알아야 하는 기존의 대역통과필터링기법 보다 구현이 용이하게 된다.

3. 원격 고장진단 시스템의 구성

3.1 Zigbee통신과 모듈의 제작

Zigbee란 zig-zag로 날아 다니면서 다른 동료들에게 정보를 전달하는 bee(벌)의 정보전달 체계를 착안하여 붙여진 명칭이며, 이의 통신기법은 Bluetooth의 고가격, 고전력 소비의 단점을 보완한 기술이다. 이의 기술은 저전력 및 저가격으로 상용의 용이성을 자랑하는 무선 센서 네트워크의 대표적 기술로 각광을 받고 있으며, 2003년 IEEE 802.15.4 작업분과 위원회에서 표준화된 PHY/MAC층을 기반으로 상위 프로토콜 및 응용을 규격화 한 것이다[7].

이러한 Zigbee통신은 2.4GHz, 868MHz, 915MHz의 세 가지 종류의 주파수 대역을 사용하며 각각의 전송속도는

250kbps, 20kbps, 40kbps이다. 주요 특징은 ① 하나의 무선 네트워크에 255개의 기기에 연결 가능 ② AA건전지 2개로 1-2년을 작동할 정도로 전력 소모가 적으므로 초소형 저전력 저가격 시장에 적합 ③ Zigbee 노드는 센서와 같은 역할을 하기 때문에 대량의 정보 전송이나 높은 주파수를 필요로 하지 않기 때문에 지능형 홈 네트워크 빌딩 및 산업용 기기 자동화 등 다양한 유비쿼터스 환경에 응용 가능하다.

표 1 Zigbee 모듈의 MCU채용과 사양

Table 1 The main Spec. of MCU STM32F103R8T6.

구분	항목	내용
Zigbee 모듈의 H/W	• MCU	ATmega128L-8MU
	• Zigbee RF	IC : CC2420RTCR
	• RF Front End	IC : CC2591
MCU: ATmega128L-8MU의 주요 사양		
항목	MCU의 사양	MCU의 사양내용
CPU	AVRM 8[bit] RISC구조	• 1 MHz 당 1MIPS • 133개의 강력한 명령어 (단일클럭실행)
Memo ry	• 128 [Kbytes] In-system Flash memory • 4 [Kbytes] of EEPROM	Boot program In-system
통신	Zigbee, Ethernet	• Conversion Range : 2.7[V] to 5.5[V]
기타	• RTC	FM3130
	• Temperature Sensor	LM75A

이때의 Zigbee 통신 MCU의 채용은 표 1과 같이 ATMEL사의 ATmega128L-8MU을 선정하였다. 64[Kbyte]의 SRAM 메모리를 구성하였으며 RF통신의 데이터 송수신 장치로써는 Transceiver-CC2420RTCR을 사용하였고, 또한 신호증폭을 위한 RF Front부의 IC는 CC2591를 사용하였다. 이때의 RF 통신 거리는 반복방식을 채용하여 최소 500[m], 최대 900[m]가 가능하도록 하였다. 이때의 EEPROM에서는 자체 자기이력이 저장되도록 설계하였고 외부의 온도센서 및 SPI 등의 간단 인터페이스를 부착하면서 전체적으로 저가형 모듈이 되도록 설계하였다.

3.2 원격 고장진단 시스템의 구현

본 논문에서는 Zigbee기반의 원격 온라인 커패시터 진단 시스템을 위하여 저가형 시스템의 구성에 중점을 두었다. 그 일환으로 본 시스템 개발에서는 주 프로그램 처리는 MCU의 채용을 ST Microelectronics사에서 제조한 32[bit] ARM Cortex-M3를 기반으로 한 STM32F103R8T6을 선정하였으며 이의 주 사양 및 기능내용을 표 2에 나타내었고 이의 각종 진단장치 제어보드는 그림 4와 같이 3부분으로 구분/표시하여 나타내었다.

그림 5는 ESR추정에 의한 진단시스템의 구현을 위한 프로그램의 개발 순서도를 나타낸 것이다. 이는 원격 진단을 위한 저가형 Zigbee 통신 모듈이 ID #번호와 함께 다양한 전력변환시스템에 복수개로 설치되어 있으며, PC용 관제 서버에서는 원격 송수신 Zigbee 모듈을 거치고, 또한 PC 모니

표 2 MCU STM32F103R8T6의 주 사양

Table 2 The main Spec. of MCU STM32F103R8T6.

항목	사양	내용
CPU	ARM 32[bit] CortexM3	<ul style="list-style-type: none"> 72 MHz, 90 DMIPS with 1.25 DMIPS/ MHz Single-cycle multiplication and hardware division
Memory	<ul style="list-style-type: none"> 32-to-128 [Kbytes] of Flash memory 6-to-20 [Kbytes] of SRAM 	Flash, SRAM - On Chip
통신	SPI-2Ch, I2C-2Ch, USART-3Ch, USB-1Ch, CAN-1Ch	외부장비 연동 및 PC 모니터링 통신 포트
ADC	12[Bit] x 16 [Ch]	<ul style="list-style-type: none"> Conversion Range : 0[V] to 3.6[V] Dual-sample and hold capability
Debug mode		Serial wire debug (SWD) & JTAG interfaces
Operating voltage	2.0 to 3.6 V	Packages: LQFP64

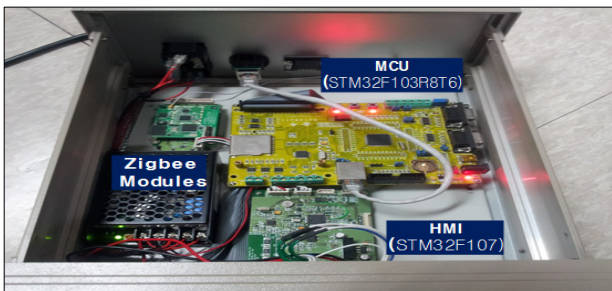


그림 4 진단장치 구성을 위한 저가형 보드
Fig. 4 Low cost type diagnosis board of capacitor.

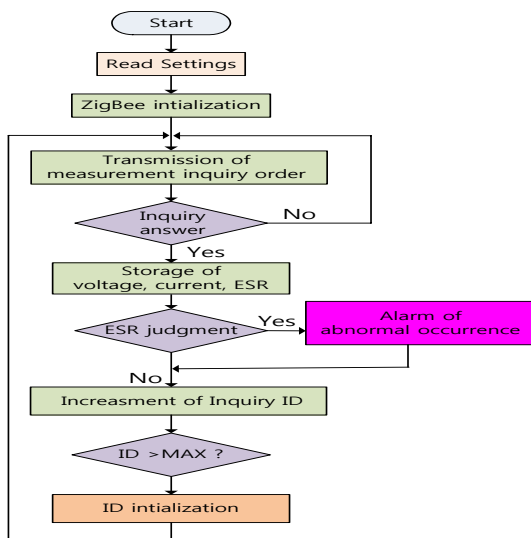


그림 5 진단장치 구성을 위한 저가형 보드
Fig. 5 Low cost type diagnosis board of capacitor.

터링 관리 프로그램의 실행에서 각 진단장치의 초기화, ESR계측 값의 조회명령 및 응답, 이의 값에 대한 저장, 고장판단, 알람, 다음의 장치(ID)의 점프로 프로그래밍화 되어 있다. 또한 그림 6은 다양한 전력변환시스템에 복수개로 설치되어 있는 Zigbee 모듈의 데이터 로깅 및 작업화면을 나타내고 있다.

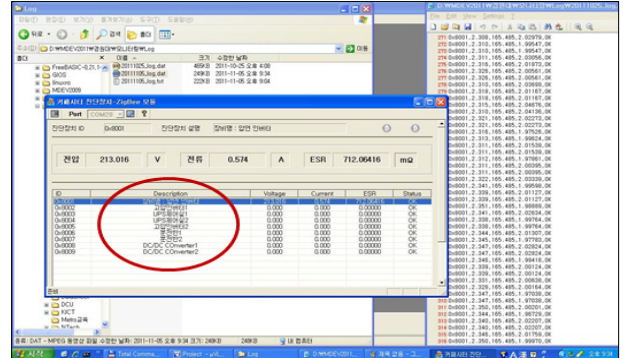


그림 6 Zigbee모듈에 의한 데이터 로깅 디스플레이
Fig. 6 Display of data logging by the Zigbee modules.

4. 실험 및 결과의 고찰

4.1 DC/DC 컨버터에서의 실험

전해 커패시터의 ESR 검출에 대하여 AC 커플링 기법의 제안 알고리즘의 타당성을 입증하기 위하여 실험을 수행하였다. 그림 7과 같이 DC/DC 부스트 컨버터를 구성하여 이의 맥동 전압 V_C 와 전류 I_C 를 계측하여 AC 커플링에 의한 신호처리 ($V_{C,AC}, I_{C,AC}$) 기법에 기반하여 실험 및 성능을 검증하였다.

DC/DC컨버터에서 추정하고자 하는 ESR 값은 커패시터의 내부 파라미터의 가변을 위하여 본 커패시터에다가 직렬로 $1[\Omega]$ 을 주입하여 내부 스위칭에 의하여 ESR이 변동되도록 설정하였으며, 이때의 실험 조건은 다음과 같다.

- $V_S \approx 60 \sim 70[V_{peak}]$ 가변, 부하저항 : $300[\Omega]$
- V_{IN} (정류기) 및 V_C 커패시터 : $6,800[\mu F]$ 및 $4,700[\mu F]$
- DC 부하단 커패시터 가변 : 직렬 $1[\Omega]$ 의 저항의 스위칭
- IGBT 스위칭 주파수 : $5[kHz]$, 듀티비 : 0.5

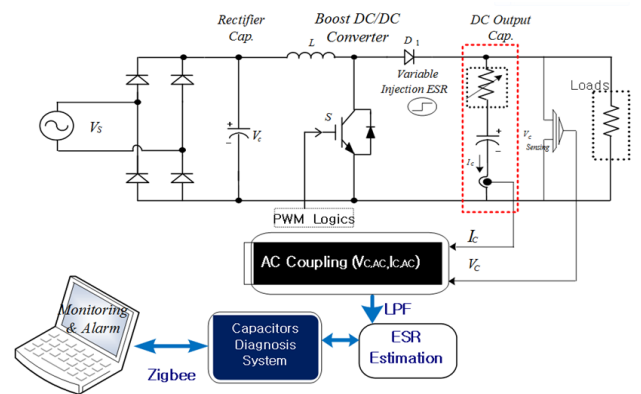


그림 7 ESR 추정을 위한 부스트 컨버터의 실험구성
Fig. 7 Experimental of boost converter for ESR estimation.

그림 8과 그림 9는 부스트 컨버터의 DC 출력부 필터 커패시터에 대한 ESR 추정에 대한 실험 결과 파형을 AC 커플링의 신호처리 전과 후를 각각 나타낸 것이다. 그림 8에서는 각각 커패시터를 통과하고 있는 실제의 전류 및 양단의 전압을 그림 (a),(b)에서 나타내고 그림 (c),(d)에서는 이의 측정신호를 CPU에서 읽어들이 값을 다시 DAC로 출력한 파형이다. 그림 9에서는 그림 8과 마찬가지로 각각 커패시터를 통과하고 있는 실제의 전류 및 양단의 전압을 그림 (a),(b)에서 나타내고 그림 (c),(d)에서는 DC 읍셋을 제외한 순수 리플 성분의 전류, 전압($I_{C,AC}$, $V_{C,AC}$)만을 나타낸 파형이다.

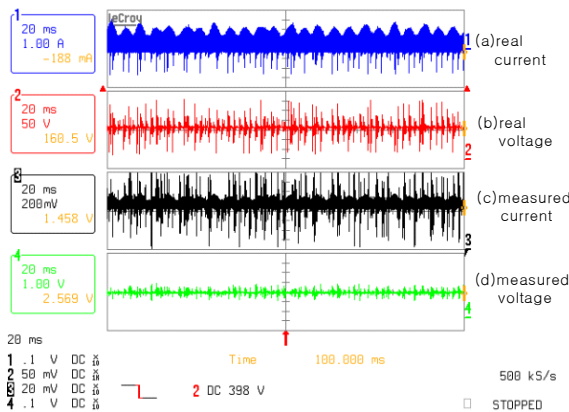


그림 8 DC/DC 컨버터의 신호계측 (DC output capacitor)
 Fig. 8 Measurement results of DC/DC converter.

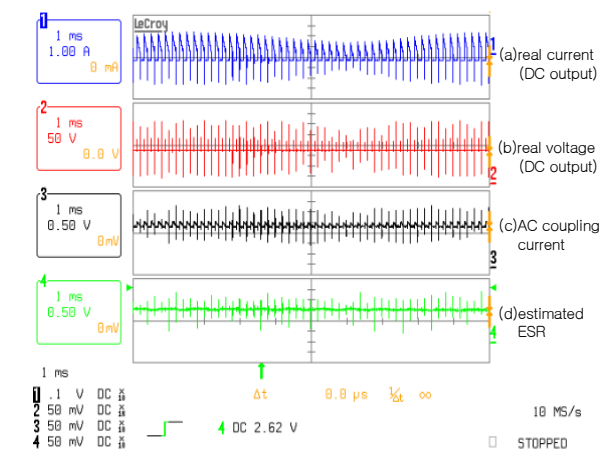


그림 9 DC/DC 컨버터의 신호계측 (DC output capacitor)
 Fig. 9 Measurement results of DC/DC converter(AC coupling)

그림 10은 그림 9와 같은 부스트 컨버터의 DC 출력부 필터 커패시터에 대한 ESR 추정에 대한 실험 결과 파형을 AC 커플링의 신호처리 결과를 (a),(b),(c)에서 나타낸 파형이고, 그림 (d)에서는 ESR의 추정결과를 각각 나타낸 것이다. 이때의 추정된 ESR의 결과는 파형의 중간에서 외부의 직렬저항 $1[\Omega]$ 을 스위칭 하도록 한 것으로, 가변 부하 저항에도 모두 주어진 알고리즘에 건설히 ESR을 잘 추종하고 있음을 보여주고 있다.

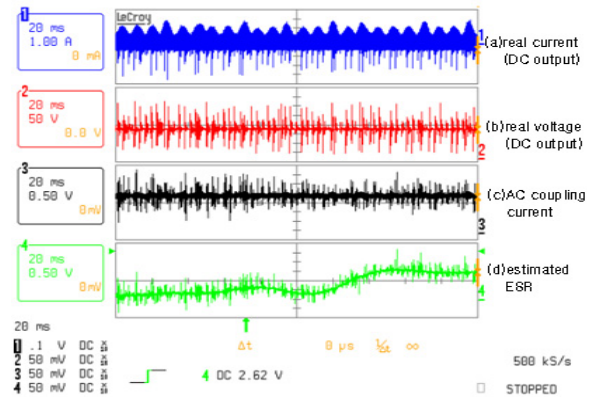


그림 10 가변 ESR의 추정결과 (DC Output Capacitor)
 Fig. 10 Estimated results with the variable ESR.

4.2 UPS에서의 실험

또한 본 논문에서는 전력변환 장치에 대한 DC Bus 전해 커패시터의 고장 진단을 위한 ESR 검출을 위하여 UPS를 대상으로 실험을 수행하였다. 이에 대한 UPS의 전체 실험 시스템의 구성회로를 그림 11에 나타내었다. 이때 측정하고자 하는 전해 커패시터는 AC/DC 컨버터의 출력단인 DC Bus단의 커패시터를 실험 대상으로 선정하였다. 이의 실험을 위하여 ESR이 가변될 수 있도록 별도의 외부 저항과 스위치를 부착하였다. 이의 시료는 국내의 K사에서 제작된 5[kVA] 용량의 UPS를 제공받아서 공동으로 실험을 수행하였다.

그림 12는 5[kVA] UPS에 대한 동작 실험과 AC/DC 컨버터의 DC Bus 커패시터에 대한 ESR의 추정에 대한 실험 결과 파형을 각각 나타낸 것이다. 이들 파형의 순서는 각각 UPS 입력단 AC 입력전압, 부하단 AC 출력전압과 전류, 추정 ESR의 결과를 각각 나타내고 있으며 정전의 반복 및 가변 ESR의 반복실험 결과를 나타낸 것이다. 연속적으로 ESR을 가변시켰을 경우 역시 ESR 계측 파형모두 정상적으로 ESR을 잘 계측하고 있음을 보여주고 있다.

또한 그림 13은 상용전원의 정상적 입력일 경우 AC/DC 컨버터의 DC Bus 커패시터에 대한 ESR의 추정과정 파형을 각각 나타낸 것이다. 이들 파형의 순서는 각각 UPS 입력단 AC 입력전류 계측, DC Bus단 전압, AC 커플링 계측전류, 추정 ESR의 결과를 각각 나타내고 있으며 가변 ESR의 계측 반응 역시 잘 계측하고 있음을 보여주고 있다.

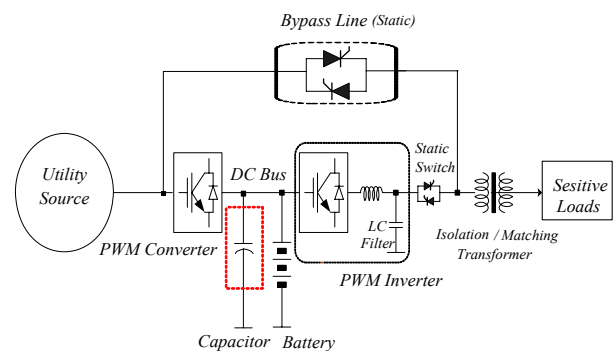


그림 11 UPS 및 가변 전해 커패시터의 실험 구성도
 Fig. 11 Experimental circuits of UPS and variable capacitor.

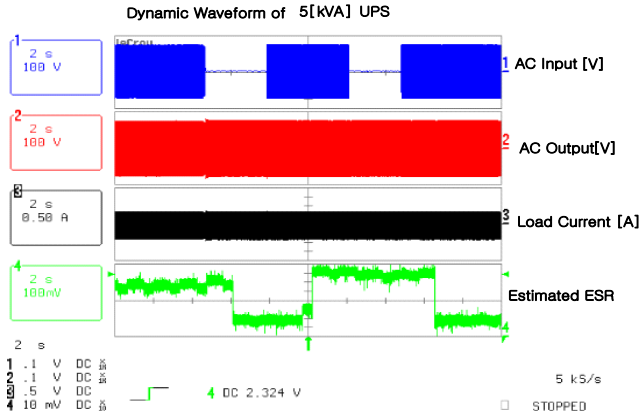


그림 12 정전 반복시 UPS의 동작과 ESR 실험파형
 Fig. 12 Operating and ESR experimental of UPS at repeat interruption.

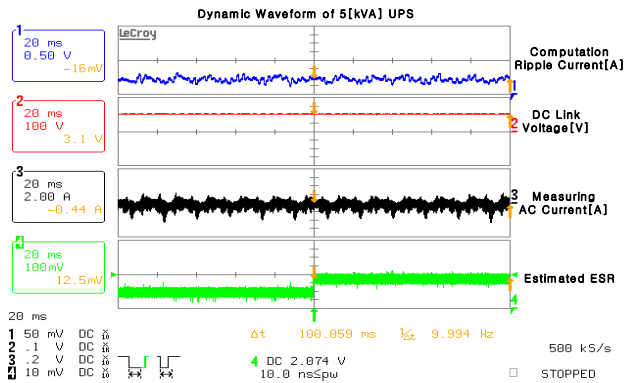


그림 13 UPS의 신호계측과 가변 ESR 실험파형
 Fig. 13 Variable ESR experimental with UPS operating.

5. 결 론

저가격 고용량의 전력용 DC Bus 전해 커패시터는 DC/DC 컨버터와 UPS 등 전력변환장치에 많이 사용된다. 그러나 이러한 커패시터는 전기화학적 열화의 특성 때문에 고장을 일으키는 주요 인자로 작용하게 되므로 이의 고장진단 시스템의 개발이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 고장에 대한 지속적인 모니터링 감시를 위하여 원격의 Zigbee 무선통신 방식 및 온라인의 ESR 추정방식으로 DC 커패시터 진단 시스템을 개발하였다. 각종 전력변환기기마다 특성의 스위칭 주파수를 사전에 인지해야 하는 번거로움이 없이 실시간 처리가 가능한 개선된 ESR 추정 알고리즘을 적용하여 저가격화를 이루었다.

이의 진단 시스템은 커패시터의 맥동 전압 및 전류 성분을 AC 커플링의 신호처리 과정에 의한 AC전력의 손실로부터 ESR을 추정하는 간단한 방식으로 구현이 간단하다는 장점이 있었다. 3[kVA]의 승압형 DC/DC 컨버터와 5[kVA]의 UPS시스템에 본 시스템을 장착하여 제안된 기법의 타당성 및 원격의 고장 모니터링 프로그램의 성능을 검증한 실험에서 만족할 만한 결과를 도출하여 이의 시스템이 보다 상용화 되도록 적용성을 확인하였다.

References

- [1] United States Department of Defense, "US MIL-HDBK-217F Reliability Prediction of electronics Equipment," Version F, Notice 2, USA, 1995.
- [2] E.C. Aeloiza, J.H. Kim, P. Ruminot, P.N. Enjeti, "A Real Time Method to Estimate Electrolytic Capacitor Condition in PWM Adjustable Speed Drives and Uninterruptible Power Supplies," in Conf. Rec. IEEE 2005 PESC, pp.2867-2872.
- [3] P. Venet, F. Perisse, M.H. El-Hussein, and G. Rojat, "Realization of a smart electrolytic capacitor circuit", IEEE of Industry Applications Magazine, No.1, pp. 16-20. 2002.
- [4] Afroz M. Imam, Thomas G. Habetler, Ronald G. Harley and D. M. Divan, "LMS based Condition Monitoring of Electrolytic Capacitor" IEEE Trans. on Ind. Appl., vol., 41, no.6, pp.848-853, 2005.
- [5] M.L. Gasperi, "Life Prediction Modeling of Bus Capacitor in AC Variable-Frequency Drives", IEEE Trans. on Ind. Appl., vol., 41, no.6, pp.1430-1435, 2005, Nov./Dec.
- [6] Dong-Jun Kim, Jin-Geun Shon, Hee-Jong Jeon, "A development of Diagnosis Monitoring System for UPS DC Link Capacitors using Zigbee Wireless Communication Zigbee", The Transactions of the KIEE Vol. 61P, No. 1, pp. 41-46, 2012.
- [7] Wan-Sup Chung, Yang-Bae Kim, Jin-Geun Shon, "Development of Remote Control and Monitoring System for HID Street-lamp Based on Low Cost Zigbee Communication Network", The Transactions of the KIEE Vol. 63P, No. 2, pp. 349-73, 2014.

저 자 소 개



정 완 섭 (鄭完燮)

1976년 서울공대 전기공학과 졸업. 1979년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사) 1993년 숭실대학교 대학원 전기과 졸업(공학박사). 현재, 동양미래대학교 전기전자통신공학부 전기시스템과 교수
 E-mail : wsjung@dongyang.ac.kr



손 진 근 (孫珍勳)

1990년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1992/1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사/박사). 2002. 2~2003. 2 일본 가오시마대학 전기공학부 포닥 . 2009. 1~2010. 2 Michigan State University 방문 교수. 1997년-현재, 가천대학교 전기공학과 교수. 당 학회 회원교육이사/평의원.
 E-mail : shon@gachon.ac.kr