

전력품질 개선을 위한 수동필터 모니터 시스템에 관한 연구

유재근†, 이상익*, 최규하**

†* 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원, ** 건국대학교

A Study on the Monitoring System of Passive Filter to Improve Power Quality

†* ESLI, KESCO, ** konkuk univ.

ABSTRACT

In this paper, we developed DSP based control system to automatically open and close passive filter, which is used to reduce harmonics, according to operating condition of loads. Passive filter control system automatically open and close each branch of filter according to working conditions of loads by sending signals to open and close installation of passive filter after measuring and monitoring voltage, current, harmonics, reactive power, power factor and so on. We verified it's performance by connecting control system with passive filter in the power line using the 100[HP] d.c. motor drive, opening and closing passive filter according to operation condition of motor, and measuring harmonics and reactive power, etc.

1. 서론

다양한 부하와 이를 구성하는 다양한 전력전자 소자에 의해 발생하는 고조파는 사용자의 의지에 반하여, 계통에 연결된 다른 사용자, 인접 기기 등에 영향을 미치는 효과를 나타낸다.

발생 고조파의 유출감소를 통해 전력품질을 개선하는 수동필터는 경년변화에 의한 L, C 소자의 특성변화, 계통변화에 의해 발생하는 공진에 의한 고조파 확대, 부하운전조건의 변화에 의한 역률 저하 등의 단점이 있다. 따라서 필터 구성소자의 특성 및 계통의 공진 감시와 부하운전조건 변화에 의한 최적의 필터 투입조합 등을 통해 수동필터의 시스템안정도를 향상시킬 수 있는 시스템을 설계하고, 실제 사용계통에서 실험을 수행한다^[1-6].

2. 시스템 설계

2.1 필터 설계

수동필터는 수동소자 L, C를 특정 주파수에서 낮은 임피던스가 되도록 구성하여 고조파 전류를 흡수하는 장치이며, 기본파에 있어서는 계통에서 진상설비의 작용을 한다. 수동필터는 일반적으로 특정 저차 고조파를 제거하는 동조필터와 17차 이상의 높은 차수 고조파를 제거하는 이 하이패스 필터로 구분한다. 수동필터 설계에서 소자의 값을 설계하기 위해 동조의 정밀도를 결정하는 선택도가 필요하며, 선택도에 의해 고공진 및

저공진 계열의 필터가 된다. 고공진 필터는 저차의 특정 고조파 차수에 동조되고 일반적으로 선택도는 약 30~60의 값을 갖는다. 저공진 필터의 선택도는 일반적으로 약 0.5~5의 값을 가지며, 넓은 주파수 영역에 걸쳐서 낮은 임피던스 특성을 나타낸다^[1].

단일 동조필터는 저차의 특정 고조파 차수에 동조되는 R, L, C 직렬회로로 구성되며, 이 때 임피던스 Z_f 는 식 (1)과 같이 표현되며, 공진주파수에서 저항성분 R로 감소하는 특성이 나타난다. 이때 선택도는 식 (2)와 같이 표현할 수 있으며, X_0 는 동조 주파수에서 L, C의 리액턴스를 나타내며 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$Z_f = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (1)$$

$$Q = \frac{X_0}{R} \quad (2)$$

$$X_0 = \omega_n L = \frac{1}{\omega_n C} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (3)$$

여기서, ω_n [rad/sec]은 동조 각 주파수를 나타내며, 하이패스 필터의 경우, 임피던스 Z_f 와 선택도 Q 는 식 (4) - (5)로 표현된다.

$$Z_f = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L}\right)^{-1} - \frac{1}{j\omega C} \quad (4)$$

$$Q = \frac{R}{\omega_n L} = \frac{R}{X_0} \quad (5)$$

2.2 모니터 설계

수동필터 모니터 시스템은 전압전류를 측정하는 센서와 필터로 구성되는 신호 입력부, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 A/D 변환부, 연산기능과 주변장치를 제어하는 디지털 신호처리부, 시스템 인터페이스 처리를 수행하는 PLD(Programmable Logic Device)부, SRAM 및 FROM 등으로 구성되는 메모리부, 시스템의 동작전원을 공급하는 동작 전원부, 수동필터 개폐장치에 제어 신호를 내보내는 출력부 등으로 구성된다. 모니터의 블록 다이어그램은 그림 1, 모니터 제어기는 그림2와 같고, 필터 사양은 표 1과 같다.

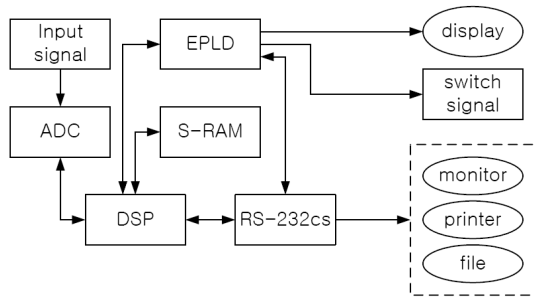


그림 1. 모니터 블록 다이어그램
Fig. 1. Block diagram of monitor

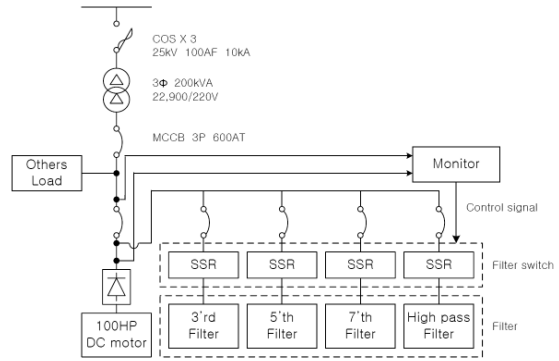


그림 3. 실험 장치도
Fig. 3. Experimental diagram

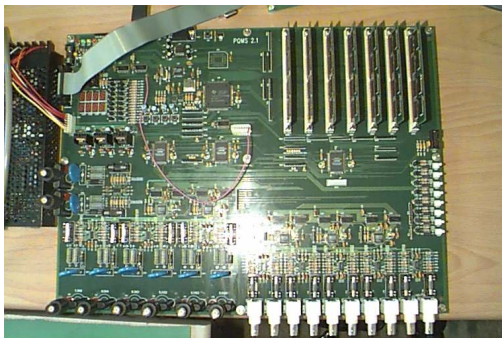


그림 2. 모니터 제어부
Fig. 2. Controller of monitor

표 1. 수동필터 사양
Table 1. Specification of passive filter

구분	3차	5차	7차	하이패스
C[kVAR]	6.1	5.7	5.5	10.0
L[mH]	2.6	1.0	0.4	0.1

3. 실험

3.1 조건

실험은 그림 3의 실험장치 구성에서 직류전동기 운전조건의 변화에 따라 수동필터의 각 분로를 개폐하도록 구성하였다. 실험 계통은 경기도 이천 소재 자동차 방음재 등을 생산하는 H업체로서 직류전동기의 의 반복적인 기동 및 정지, 잦은 운전 조건 변화 등으로 인해 수동필터 효과를 최적화하기 어려운 환경조건이다. 또한 이 때 필터의 효과를 검증하기 위해 표 1과 같이 부하와 필터의 운전상태를 변경하여 실험했다.

표 1 부하, 필터에 의한 구간 정의
Table 1 Define of interval with load, filter

구분	T1	T2	T3	T4
부하	정지	운전	운전	정지
필터	정지	정지	운전	운전

3.2 결과 및 고찰

그림 4-7은 표 2의 실험조건에 의한 유효전력, 역률, 무효전력, 피상전력의 구간별 변화를 나타낸다.

실험 결과 표 2와 같이 역률 보상 전 0.54에서 0.75과 같이 역률 개선 효과가 있음을 알 수 있다.

또한 구간 T₄와 같이 부하가 정지하였을 경우, 부하의 특 운전 조건에 의해 5분 후 필터를 차단함으로써 필터의 과보상에 의한 무효전력의 감소효과가 나타남을 알 수 있다.

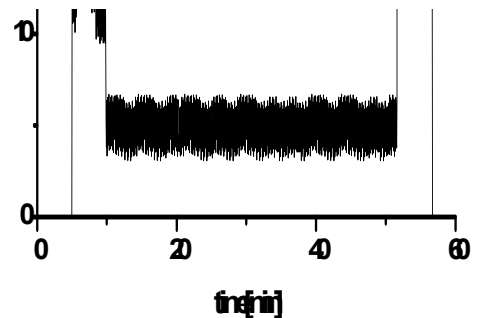


그림 4. 유효전력의 변화
Fig. 4. Result of active power

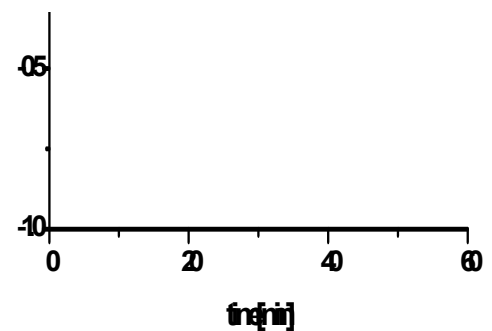


그림 5. 역률의 변화
Fig. 5. Result of power factor

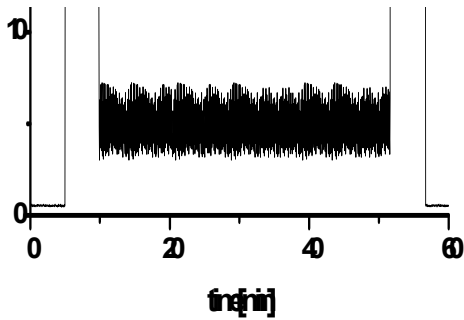


그림 6. 무효전력의 변화
Fig. 6. Result of reactive power

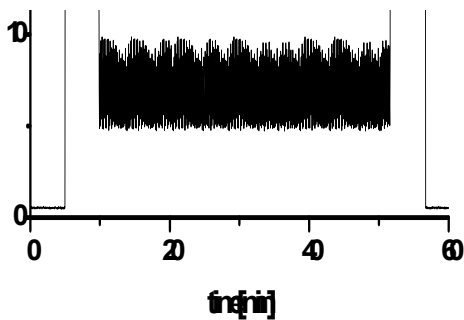


그림 7. 피상전력의 변화
Fig. 7. Result of apparent power

표 2 T_3 구간의 전원측과 부하측 전력량
Table 2 P, Q, S, PF, with T_3

구분	유효전력 [kW]	무효전력 [kVAR]	피상전력 [kVA]	역률
전원측	4.9	4.8	6.8	0.76
부하측	11.1	16.7	20.0	0.54

4. 결론

본 연구에서는 부하 변동에 대한 역률 과보상을 방지하여 수동필터의 단점을 개선할 수 있는 수동필터 제어시스템을 개발하였다. 또한 이 시스템은 필터의 경년변화에 의한 특성변화 및 전원환경의 변화, 부하의 운전특성 변화에 대해 상시 계통을 감시하여 필터의 동작상태 및 효과를 감시할 수 있는 시스템을 제안, 개발 하였다.

본 연구에서 개발한 수동필터 제어시스템을 100[HP] 직류전동기를 부하로 하는 3상 사이리스터 컨버터 부하계통에 필터를 적용하여 실험했다. 실험 결과 직류전동기가 정지 또는 일정상태 운전하는 경우, 유효전력, 무효전력, 역률 등의 전력품질 측정지수의 상태에 의해 제안시스템의 제어기가 자동으로 필터 분리를 개폐함으로써 부하 정지시에 발생할 수 있는 무효전력 과보상 상태를 개선하였으며, 실험에서는 발생할 수 없었지만, 필터와 계통 등의 상태변화에 의해 발생할 수 있는 직렬공진, 병렬 공진 등의 상태를 감시하고 이에 대한 정보를 사용

자에게 제공하여 사전에 위험성을 예방하는 시스템으로 적용할 수 있다고 판단된다. 또한 경제적으로 저가의 고조파 대책인 수동필터의 여러 가지 적용, 성능개선에 대한 연구가 지속적으로 필요하다.

참고 문헌

- [1] S.N.AL. Yousif, M.Z.C. Wanik, "Implementation of Different Passive Filter Designs for Harmonic Mitigation", IEEE Proceedings. National Power & Energy Conference(PECon), pp. 229-234, 2004.
- [2] Kenji KANEKO, Toshiyuki MURAKAMI, Kouhei OHNISHI, Kiyoshi KOMORIYA, "Torque control with nonlinear compensation for harmonic drive DC motors", IEEE Conference on. Industrial Electronics, Control and Instrumentation(IECON), Vol. 2, pp. 1022-1027, 1994
- [3] Tian-Hua Liu, Chih-Ying Lin, Jin-Shyr Yang, Wen-Yao Chang, "Modeling and harmonics elimination for a static frequency converter driving a 300 MVA synchronous machine", IEEE International Symposium on. Industrial Electronics(ISIE), Vol. 2, pp. 602-607, 1996.
- [4] Chih-Ju Chou, Chih-Wen Liu, June-Yown Lee, Kune-Da Lee, "Optimal Plannig of Large Passive-Harmonic-Filters Set at High Voltage Level", IEEE Trans. Power Systems, Vol. 15, pp. 433-441, 2000.
- [5] Yaow-Ming Chen, "Passive filter design using genetic algorithms", IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol. 50, pp. 202-207, 2003.
- [6] Maria Emilia de Lima Tostes, Ubiratan H. Bezerra, Rogerio. D. S. Silva, Jorge A. L. Valente, Carminda Celia Moura, Tadeu M. M. Branco, "Impacts over the distribution grid from the adoption of distributed harmonic filters on low-voltage customers", IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 20, pp. 384-389, 2005.